F. L. Boschke

OS SETE DIAS DA CRIAÇÃO

O GÉNESIS E A CIÊNCIA

**DE UMA MANEIRA OU DE OUTRA
EM SONHOS OU NUM FOGUETÃO
O DESTINO DO HOMEM
PARECE REALMENTE SER
O DESVENDAR DE TODAS AS ESFERAS**

F. L. BOSCHKE

OS SETE DIAS DA CRIAÇÃO

ENIGMAS DE TODOS OS TEMPOS

F. L. Boschke

OS SETE DIAS DA CRIAÇÃO

Livraria

O AUTOR:

Friedrich Ludwig Boschke, nascido em 1920, estudou Química nas universidades de Göttingen e de Marburgo. É, desde 1945, o cronista científico de uma das mais destacadas revistas alemãs, a *Angewandte Chemie*, de Heidelberga. Como investigador, interessa-se sobretudo pelo desenvolvimento da Química Nuclear. Os seus trabalhos sobre as centrais nucleares e as origens da vida encontram-se publicados nos principais jornais científicos. *Os Sete Dias da Criação*, seu primeiro livro, resultado de colóquios com laureados do Prémio Nobel, valeu-lhe, em 1966, o Prémio Internacional da Não-Ficção, concedido por seis grandes editores: alemão, americano, inglês, francês, italiano e sueco.

A OBRA:

A Génese à prova da ciência... A partir dos textos simbólicos dos primeiros versículos da Bíblia, o autor de *Os Sete Dias da Criação* revela, numa prodigiosa síntese, tudo o que as investigações obstinadas dos sábios do nosso tempo conseguiram arrancar aos segredos

O AUTOR:

Friedrich Ludwig Boschke, nascido em 1920, estudou Química nas universidades de Göttingen e de Marburgo. É, desde 1945, o cronista científico de uma das mais destacadas revistas alemãs, a *Angewandte Chemie*, de Heidelberga. Como investigador, interessa-se sobretudo pelo desenvolvimento da Química Nuclear. Os seus trabalhos sobre as centrais nucleares e as origens da vida encontram-se publicados nos principais jornais científicos. *Os Sete Dias da Criação*, seu primeiro livro, resultado de colóquios com laureados do Prémio Nobel, valeu-lhe, em 1966, o Prémio Internacional da Não-Ficção, concedido por seis grandes editores: alemão, americano, inglês, francês, italiano e sueco.

A OBRA:

A Génese à prova da ciência... A partir dos textos simbólicos dos primeiros versículos da Bíblia, o autor de *Os Sete Dias da Criação* revela, numa prodigiosa síntese, tudo o que as investigações obstinadas dos sábios do nosso tempo conseguiram arrancar aos segredos

Os Sete Dias da Criação

F. L. BOSCHKE

Os Sete Dias da Criação

Tradução
de
MARINA GUASPARI

Revisão
de
LUÍS DE CASTRO

2.ª EDIÇÃO

LIVRARIA BERTRAND
APARTADO 37 — AMADORA

Título do original alemão:
DIE SCHÖPFUNG IST NOCH NICHT ZU ENDE

CAPA DE JOSÉ CÂNDIDO

Composto e impresso nas Oficinas Gráficas da Livraria Bertrand (Imprensa Portugal-Brasil) R. Henr. de Paiva Couceiro • Venda Nova-Amadora

Prefácio

Nos últimos decénios, a imagem aparentemente estável do nosso mundo — como a apresentaram, através de gerações, os compêndios escolares — sofreu certo abalo. As notícias de novos conhecimentos e invenções sucedem-se constantemente, dando ensejo a hipóteses e prognósticos cada vez mais arrojados, a investimentos de grandes capitais em pesquisas e ao emprego de enormes equipas de trabalhadores. Se bem que nem sempre os maiores êxitos caibam aos especialistas dos respectivos sectores, a era das descobertas casuais passou definitivamente. Hoje, mais do que nunca, os investigadores devem possuir conhecimentos amplos, e, para falar verdade, não apenas numa disciplina. A Astronomia, a Física, a Química, a Geologia e a Biologia resolvem, coligadas, questões às quais até agora só podíamos responder com hipóteses. A Cosmologia e a investigação da origem da vida já não são, de modo algum, meros temas académicos: entrelaçam-se intimamente com problemas de técnica, de economia e, mesmo, com motivos político-militares. Travou-se entre os cientistas uma rude competição. Os homens da vanguarda da pesquisa não vivem hoje menos expostos que um financeiro ou um industrial. A sua responsabilidade não é inferior à dos homens de estado, que se apropriam das experiências e dos resultados alcançados pelos investigadores para fins pacíficos ou destrutivos.

Quem, por exemplo, se encontrar com cientistas num congresso em que participem também os distinguidos com o Prémio Nobel, em Lindau, não deve estranhar se os ouvir iniciar as conversas com circunlóquios cautelosos, como: «Julgamos hoje poder admitir...» Mas o que eles têm para comunicar é de alcance tão incalculável, tão estranho à nossa noção tradicional do Universo, que não somos capazes de assimilar essas comunicações, nem imaginar os possíveis efeitos materiais dessas novas ideias. Perante a ciência, estamos, pouco a pouco, a deixar-nos subjugar, aceitando tudo o que ela nos revela sem mesmo tentar compreender. Ao que parece, está próximo o tempo em que a fé na ciência sobrepujará as demais crenças.

Além da dúvida, desapareceu também a faculdade de nos surpreendermos. E é pena. Sim, o facto de a ciência ter entreaberto a porta de um mundo mais vasto, dando-nos a possibilidade de nos familiarizar até com a noção de que o nosso universo não é o único, afigura-se-nos coisa assombrosa, acima de qualquer crença ou de toda a compreensão.

Tudo contraria a presunção de a minúscula Terra ser um ponto privilegiado do Cosmo e nada prova que o Homem seja o mais perfeito ser da criação. O que aconteceu no nosso planeta no sétimo dia de que fala o Génesis *pode ter sucedido, ou vir a suceder, de forma análoga e em qualquer*

altura, noutros corpos celestes. Efectivamente, a criação ainda não terminou — proclama a ciência do espaço sideral. A configuração do Cosmo progride constantemente, segundo uma medida de tempo maior que a medida terrestre.

Aqueles que, por volta de 600 a. C., nos transmitiram a história bíblica da criação não podiam exprimir essa medida senão em dias e anos. O mundo foi criado em sete dias — dizem. Todavia, só aparentemente as Sagradas Escrituras estão em contradição com a ciência dos investigadores, que estimam em milhões de anos o tempo do desenvolvimento da Terra, desde a sua formação primordial até à origem da célula viva. Os sete dias só podem significar, de facto, sete fases, através das quais se operasse a evolução da Terra, até ao estádio de planeta portador de vida. No Génesis *admitiu-se para esse processo, sumamente complexo e sem testemunhas humanas, justamente a fórmula mais compreensível e genial.*

Entretanto, que averiguaram os cientistas acerca dos verdadeiros processos nos primeiros sete dias? Houve, acaso, um princípio? Não será, pelo contrário, esse princípio, como a eternidade, independente do tempo e do seu curso mensurável?

Este livro pretende responder a tais perguntas. Encontramo-nos ainda na fase inicial do nosso conhecimento da ori-

Quem, por exemplo, se encontrar com cientistas num congresso em que participem também os distinguidos com o Prémio Nobel, em Lindau, não deve estranhar se os ouvir iniciar as conversas com circunlóquios cautelosos, como: «Julgamos hoje poder admitir...» Mas o que eles têm para comunicar é de alcance tão incalculável, tão estranho à nossa noção tradicional do Universo, que não somos capazes de assimilar essas comunicações, nem imaginar os possíveis efeitos materiais dessas novas ideias. Perante a ciência, estamos, pouco a pouco, a deixar-nos subjugar, aceitando tudo o que ela nos revela sem mesmo tentar compreender. Ao que parece, está próximo o tempo em que a fé na ciência sobrepujará as demais crenças.

Além da dúvida, desapareceu também a faculdade de nos surpreendermos. E é pena. Sim, o facto de a ciência ter entreaberto a porta de um mundo mais vasto, dando-nos a possibilidade de nos familiarizar até com a noção de que o nosso universo não é o único, afigura-se-nos coisa assombrosa, acima de qualquer crença ou de toda a compreensão.

Tudo contraria a presunção de a minúscula Terra ser um ponto privilegiado do Cosmo e nada prova que o Homem seja o mais perfeito ser da criação. O que aconteceu no nosso planeta no sétimo dia de que fala o Génesis *pode ter sucedido, ou vir a suceder, de forma análoga e em qualquer*

altura, noutros corpos celestes. Efectivamente, a criação ainda não terminou — proclama a ciência do espaço sideral. A configuração do Cosmo progride constantemente, segundo uma medida de tempo maior que a medida terrestre.

Aqueles que, por volta de 600 a. C., nos transmitiram a história bíblica da criação não podiam exprimir essa medida senão em dias e anos. O mundo foi criado em sete dias — dizem. Todavia, só aparentemente as Sagradas Escrituras estão em contradição com a ciência dos investigadores, que estimam em milhões de anos o tempo do desenvolvimento da Terra, desde a sua formação primordial até à origem da célula viva. Os sete dias só podem significar, de facto, sete fases, através das quais se operasse a evolução da Terra, até ao estádio de planeta portador de vida. No Génesis *admitiu-se para esse processo, sumamente complexo e sem testemunhas humanas, justamente a fórmula mais compreensível e genial.*

Entretanto, que averiguaram os cientistas acerca dos verdadeiros *processos nos primeiros sete dias? Houve, acaso, um princípio? Não será, pelo contrário, esse princípio, como a eternidade, independente do tempo e do seu curso mensurável?*

Este livro pretende responder a tais perguntas. Encontramo-nos ainda na fase inicial do nosso conhecimento da ori-

gem da Terra e da Vida. Contudo, o pouco que sabemos ou, pelo menos, podemos aceitar com segurança, dá-nos uma ideia grandiosa do que aconteceu e continua a acontecer. Desde há anos já que podemos fornecer informações sobre a origem dos astros nossos vizinhos, pelo que não nos parece impossível que, em breve, o progresso das nossas experiências no Cosmo dependa apenas das condições de vida *dos outros corpos celestes.*

A marcha da criação do Céu e da Terra através da História prosseguirá em todos os sectores das ciências naturais. E como é certo que, em determinados pontos, esbarraremos inevitàvelmente com hipóteses e teorias, tentaremos seguir sempre o caminho mais directo que seja possível. Os últimos anos trouxeram tantos resultados experimentalmente exactos que muitos dogmas históricos, supostamente provados, foram superados, e se não caíram em total esquecimento isso fica a dever-se às suas audazes sequências de ideias. A análise prosaica de laboratório passou um traço sobre sistemas do universo elaborados por pensadores fantasistas.

Apesar disso, a pesquisa e a vida do investigador, do cientista, têm muito de aventura. Aventura que também pode ter, ou, melhor, deve ter, um livro que pretende responder a questões sobre a origem da vida.

F. L. B.

PARTE I

No princípio Deus criou o Céu e a Terra

1. Moisés 1.1

Se tentarmos compreender esta primeira frase do *Génesis* e o processo que ela exprime, surgirá imediatamente a pergunta: «Quando foi esse princípio?»

Até ao fim da primeira metade do nosso século, todas as teorias e todos os métodos de fixar o princípio dos tempos revelaram-se insatisfatórios. Hoje, é possível calcular a idade de certas matérias orgânicas e inorgânicas, segundo medidas exactas. Os processos adoptados permitem sondar não só o princípio da criação, mas também épocas muito mais remotas. Com o relógio de isótopos, ascendemos pouco a pouco, através de séculos, de milénios, de milhões de anos — do presente àquela noite dos tempos que já não parecia mensurável. E reconhecemos, finalmente, que a Terra, o próprio Cosmo, têm uma idade limitada.

CAPÍTULO I

O RELÓGIO DE ISÓTOPOS

LIBBY CORRIGE OS HISTORIADORES — RADIOACTIVIDADE DO ALTO — GASES DE ESCAPE PRIMITIVOS — O RELÓGIO UNIVERSAL GANHA O PONTEIRO DOS MINUTOS

— QUANDO foi?

Eis a pergunta-padrão dos agentes da polícia, dos pesquisadores da História, dos biólogos, dos astrónomos. Também nós a fazemos diàriamente a nós mesmos e aos outros, tantas vezes, que já nem damos por isso.

Quando foi? Para responder a esta questão a ciência dispõe de um método que não permite mistificações. Tal método chama-se *datador de isótopos* e o seu mecanismo de relojoaria é a desintegração radioactiva. Não conhecemos qualquer meio de influenciar a marcha deste mecanismo. Se expusermos certa matéria às mais altas temperaturas, ou a pressões enormes, o que quer que façamos não altera a velocidade da desintegração das suas partes componentes radioactivas. E não há coisa que não seja dotada de uma radioactividade mínima.

Os funcionários da secção de egiptologia do Museu de História Natural de Chicago quase não deram crédito aos seus ouvidos no dia em que receberam a singular incumbência de abrir a grande caixa de vidro que encerrava o ataúde

de Sesóstris III, do Egipto, e serrar trinta centímetros quadrados das tábuas da tampa do caixão. Para quê tal sacrilégio? Mais escandalizados ficariam os egiptólogos se tivessem sabido que destino iria ter o precioso fragmento.

O professor Willard F. Libby, do departamento de química da Universidade da Califórnia, em Los Angeles, radioquímico de renome, há muitos anos membro da Comissão de Energia Atómica dos Estados Unidos, mandou o pedaço da tábua para o seu laboratório, a fim de ser cortado em lascas e carbonizado num forno eléctrico. Não interessava ao professor a obra de arte egípcia; o que lhe importava era obter um pouco de madeira que não fosse apenas muito antiga, mas cuja idade se conhecesse exactamente. Segundo alguns historiadores, o caixão de Sesóstris foi feito há três mil setecentos e cinquenta anos.

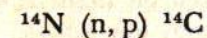
O carvão vegetal — isto é, o que Libby queria — é quase carbono puro, elemento químico cujo peso atómico é aproximadamente 12. Quer isto dizer que um átomo de carbono é cerca de doze vezes mais pesado do que o átomo mais leve que se conhece: o do hidrogénio. Considerados com exactidão rigorosa, nem todos os átomos de carbono têm, aliás, o mesmo peso. Existem átomos de carbono não com o peso de 12, mas de 14. Os químicos adoptam como símbolo do carbono a letra C, mas para exprimirem a que carbono se referem particularmente antecedem-no do respectivo peso: ^{12}C ou ^{14}C. Para este elemento puro, ganhou foros de cidade a denominação de *isótopo*.

Famoso é, do urânio, o isótopo com o peso 235, simbolizado por ^{235}U, o elemento fundamental para a produção da energia atómica, e acerca do qual sabemos que se desintegra ocasionalmente. Porquê? Eis o que não sabemos. Mas, para darmos pelo menos uma ideia aproximada do processo, talvez possamos admitir que se trate de uma espécie de doença. *Morrem* continuamente alguns átomos de ^{235}U, em razão do que se originam elementos novos. Sabemos até a

velocidade a que *morrem* os isótopos ^{235}U em cada período de setecentos e dez milhões de anos; metade deles extinguem-se, isto é, desagregam-se, explodem. Porque *vivem* estritamente unidos, os ^{235}U contaminar-se-iam uns aos outros. Os produtos da sua desintegração (neutrões) tocam e contaminam os isótopos ^{235}U próximos, e estes *morrem* também, depois de *contagiarem* por seu turno a sua vizinhança. Assim, podemos formar uma ideia aproximada do processo que os físicos denominam *reacção em cadeia*.

O mesmo se dá com o carbono. ^{12}C é *são*; ^{14}C desintegra-se. Mas a sua desintegração não *contamina*; resolve-se apenas numa radiação semelhante à luz, se bem que mais penetrante e livre. Carbono-14 desintegra-se, emitindo os chamados raios gama. Se tivéssemos um grama de carbono-14, ao termo de cinco mil quinhentos e sessenta anos ele estaria reduzido a meio grama; decorrido o dobro desse tempo, onze mil cento e vinte anos, o nosso ^{14}C seria um quarto de grama, e assim por diante. O ^{14}C é de origem *ultraterrestre*. Deriva duma reacção químico-nuclear que se opera a uns trinta quilómetros de altitude, sob a influência da radiação cósmica.

Os físicos nucleares formulam essa reacção na equação seguinte:

$$^{14}N\ (n, p)\ ^{14}C$$

Em termos compreensíveis, isto significa: chocando-se um isótopo de azoto de massa 14 (^{14}N) com um neutrão (n), liberta-se um protão (p), partícula carregada positivamente, e produz-se o carbono-14 (^{14}C). Experiências realizadas com o auxílio dum reactor confirmaram a exactidão da equação acima.

Desde o *princípio dos tempos*, respiramos continuamente e com regularidade ^{14}C da atmosfera. Simultâneamente, ele vai-se desintegrando, com a velocidade já mencionada, reduzindo-se a metade em cada período de cinco mil quinhentos

e sessenta anos. Estabeleceu-se há muito um equilíbrio entre a formação e a desintegração do ^{14}C existente nos vegetais que utilizam o carbono do ar, sob forma de bióxido de carbono (CO_2), na reprodução das suas células. Os vegetais são, por outro lado, consumidos pelos animais e pelo homem. Logo, *o equilíbrio* $^{12/14}C$ *encontra-se em toda a natureza viva.*

Mas os animais e os vegetais morrem e deixam de absorver ^{14}C. Portanto, nos seus despojos, esse isótopo vai diminuindo, de acordo com as leis da desintegração radioactiva.

A madeira do caixão de Sesóstris data de três mil setecentos e cinquenta anos antes da experiência. Consequentemente, o seu teor em ^{14}C vem diminuindo gradualmente desde então. Poderia Libby demonstrar a existência do que restava e determiná-lo exactamente?

Num grama de carbono dum organismo vivo desintegram-se num minuto cerca de quinze átomos de carbono-14. Portanto, em cada minuto, os instrumentos medidores de Libby deveriam verificar menos dez desintegrações atómicas por grama de carbono. Ora, tratando-se de mais de um grama, isto é, duns cinquenta gramas, medi-lo exactamente ainda era, em 1944, um trabalho ingente. Cumpria neutralizar a radioactividade natural dos muros do instituto, e até a própria radiação do corpo do físico. O aparelho sensível foi, pois, resguardado com um espesso revestimento de ferro blindado. Ainda assim, as partículas da radiação cósmica, ricas de energia e dotadas dum poder absoluto de penetração, que chegam até nós, na superfície do globo terrestre, poderiam falsear a medida. Por isso, Libby e os seus colaboradores envolveram os seus instrumentos de medida num contador Müller de muitos registos, o qual, no caso de uma das citadas partículas cósmicas atravessar o mecanismo de medida, desliga o dispositivo registador. Essa experiência devia oferecer uma prova que não desse lugar a dúvidas. E a experiência teve êxito! As medidas deram ao carbono-14 restante, na madeira do féretro, a idade de três mil seiscentos

e vinte e um anos. Precavido como é, Libby admitia um possível erro máximo de cento e oitenta anos para mais ou para menos. Mesmo assim, que significava aquilo? Que era viável o processo de determinar a idade de produtos orgânicos, na base do seu teor em carbono-14. Podemos agora fixar quando se interrompeu a vida no organismo em questão — isto é, quando foi abatida a árvore cujos restos descobrimos, quando morreu o animal, ou mesmo o homem cujos despojos exumámos. Comprovara-se a eficiência dum ponteiro físico do nosso relógio universal.

Libby corrige os historiadores

A idade do carvão vegetal da cidade-templo de Monte Alban, no México, foi fixada em dois mil e seiscentos anos. No estado americano de Oregon descobriram-se trezentos pares de sandálias rudimentares, amontoadas por ordem, numa caverna aberta por uma erupção vulcânica. Essas sandálias figuram entre os mais antigos produtos manufacturados que se encontraram nos Estados Unidos; uma espécie de loja de calçado pré-histórica: sandálias com nove mil e cinquenta e três anos, segundo o relógio de carbono de Libby.

No Nebraska, apontam-se localidades onde devem ter vivido os homens de Lime-Creek, aos tições de cujas fogueiras os historiadores atribuem uma idade de vinte mil anos, se não de trinta mil. Avaliação errónea, diz o professor Libby. Aqueles resíduos datam de nove mil quinhentos e vinte anos; se tanto, quatrocentos e cinquenta anos mais. Em todo o caso, a sua idade máxima não ultrapassa os dez mil anos.

Desta maneira, Libby consegue, por vezes, rectificar as avaliações dos historiadores, ou até dar-lhes cálculos exactos. Descobriram-se, no México, talos de plantas aquáticas do tempo do homem de Texepan. Dava-se a esses talos a idade

de dez mil anos; não têm mais de quatro centenas. No extremo meridional da Cidade do México existe a pirâmide tolteca de Cuicuilco, inundada outrora parcialmente por uma torrente de lava. Que idade tem a pirâmide? Interrogaram-se alguns geólogos, que calcularam ser sua a idade de cerca de uns oito mil anos. Consequentemente, a civilização tolteca seria a mais antiga das civilizações ocidentais. Libby conseguiu retirar carvão vegetal de sob uma camada de lava. Mediu-lhe a idade: cerca de dois mil e quatrocentos anos, não mais. Nas famosas grutas de Lascaux, no Sul da França, encontraram-se restos de madeira a que os cientistas franceses atribuíam a idade de cinquenta mil anos, enquanto outros pesquisadores da Pré-História não iam além dos dez ou vinte mil anos. Libby cortou a controvérsia com o seu relógio de carbono, que marcou quinze mil e quinhentos anos.

Mas nem só a madeira contém o carbono que dela deriva exclusivamente. Na Inglaterra, um pedaço de cera de abelha, à qual se atribuía a idade de dois mil e quinhentos a três mil anos, revelou-se muito menos antigo: oitocentos e vinte anos. Numa povoação da velha Mesopotâmia, certas escavações trouxeram à luz conchas de caracol. Libby determinou-lhes a idade: seis mil e setecentos anos. Perto de Boston, nos Estados Unidos, descobriu-se uma represa-viveiro de peixes, com muitas dezenas de milhares de estacas de madeira, quase igual às que ainda hoje se fazem no Hudson, perto de Nova Iorque. Idade do viveiro: cerca de cinco mil anos. Demonstrou-se também que a colonização das ilhas Hawai data de há mil anos.

Na charneca de Salisbúria, à beira da antiga estrada de Londres a Bristol, estão os misteriosos blocos gigantes do santuário de Stonehenge; dispostos num círculo de oitenta e oito metros de diâmetro, enormes pilares de pedra esquinados elevam-se quatro metros acima do solo e, não raro, medem dois metros de perímetro. Outros blocos de pedra

ocupam o centro do círculo. Que homens teriam arrastado esses pilares, com cerca de cinquenta toneladas de peso, de pedreiras distantes quase duzentos e cinquenta quilómetros da sua posição actual? Como teriam realizado tal façanha, que só com grande esforço hoje poderíamos imitar? Não sabemos. Presume-se que tenham sido os Celtas, adeptos talvez dum culto ao Sol. Mas descobriu-se carvão vegetal no santuário. Sabemos, por consequência, que há três mil e oitocentos anos já por ali andavam seres humanos. Os construtores do monumento? Trabalhadores que acenderam uma fogueira? Um sacerdote ofertando sacrifícios?

A bem dizer, é possível dilatar à vontade esta revisão das datas; uma das mais antigas, apuradas ùltimamente, é a do paleolítico alpino, na caverna de Salzofen, na Áustria, onde se determinou a idade do carvão de uma camada de ossos: trinta e dois mil e cinquenta anos (com diferença admissível, para mais ou para menos, de três mil anos).

Mas o êxito decisivo do novo método — que desde 1947 vem sendo aperfeiçoado, quer no que diz respeito às quantidades necessárias de carbono, quer no tocante aos aparelhos — foi outro. Conhecemos calendários antigos de povos extintos: desses anais se depreende quando viveram os seus reis, quando se erigiram os seus palácios, quando irromperam as suas guerras. Mas conhecemos tudo isto segundo as datas dos calendários desses povos, e não pelo nosso actual calendário cristão. Mas, presentemente, temos a possibilidade de estabelecer confrontos e correlações entre os calendários. Conseguiu-se apor uma data ao calendário babilónico da época de Hamurabi e chegar, entre as citadas correlações, a uma solução entre os calendários cristão e o da antiga Babilónia.

Na própria geologia há coisas que podemos incluir em determinada data. Graças ao relógio de carbono, podemos hoje, em casos favoráveis, ascender até há setenta mil anos. Já em 1953, Libby deitou uma vista de olhos a períodos das

eras glaciárias. Determinou, assim, a idade de restos de árvores e de torrões de turfa dum pântano norte-americano acerca do qual se sabe, de certeza, que data da última era glaciária local. Situava-se esse período em 25 000 anos a. C. «Erro», sentenciou Libby, depois de apurar, por meio de muitas análises, e utilizando sempre o relógio de átomos de carbono, um valor médio de onze mil e quatrocentos anos. De então para cá, encontraram-se datas exactas, em numerosas localidades, para as diferentes eras glaciárias da América do Norte.

Por volta de 10 400 anos a. C., ocorreu o último degelo, e, provàvelmente, a América do Norte começou então a povoar-se. Datam daquele tempo os resíduos de carvão de fogueiras que averiguações comprovadas apontam como as mais antigas.

Em camadas profundas do subsolo do deserto egípcio há vastos lençóis de água. Infiltrações provenientes das terras vizinhas, ou restos dum período glaciário que haja provocado, naquela região, chuvas torrenciais? No primeiro caso, poderiam originar poços utilíssimos, embora dispendiosos, e a possibilidade de irrigação permanente de zonas desérticas. Um grupo de estudo de Heidelberga colheu amostras da água e submeteu o seu conteúdo de carbono à prova do relógio de isótopos ^{14}C. O resultado foi surpreendente: aquela água é antiga; eventuais poços novos esgotá-la-iam depressa. Entretanto, perto do Nilo e nas vizinhanças da costa a água subterrânea é de data recente.

Radioactividade do alto

Enquanto se realizavam aqueles estudos e se aperfeiçoavam os processos de medida, observaram-se alguns fenómenos estranhos. Este facto vinha provar a sensibilidade do relógio de isótopos.

A 16 de Julho de 1945 explodiu em Alamogordo, no

deserto mexicano, a primeira bomba atómica experimental. Cerca de três semanas depois, uma fábrica de papel, distante mil e setecentos quilómetros do local da explosão, fabricava papelão encomendado pela firma Eastman Kodak C°, para embalagem de filmes Röntgen. Ao termo duma quinzena, essa firma começou a receber reclamações: os filmes Röntgen não prestavam; a revelação mostrava em vários pontos manchas nebulosas. Examinaram-se meticulosamente os filmes restantes; eram o que se poderia chamar perfeitos. O defeito devia esconder-se na embalagem. Em breve se reconheceu que o papelão era o culpado: estava semeado de subtis partículas atómicas que *iluminavam* os filmes, como numa câmara escura. O vento levara as poeiras da bomba até o rio de cujas águas se servia a fábrica de papel. Foi nessa ocasião que se teve, pela primeira vez, consciência da contaminação radioactiva da Terra.

Tempos depois, a firma E. I. Du Pont expediu uma circular aos seus fornecedores, solicitando que todo o material fotoquímico fosse submetido, antes da entrega, ao teste da radioactividade artificial.

Em 1951 caiu neve radioactiva em Washington, em Rochester (Nova Iorque) e em Detroit. No Verão de 1952 a radiação das chuvas radioactivas assumiu proporções inquietantes. Na Europa, manifestou-se, primeiro, em Paris, e a 18 de Outubro de 1951 apareceu sobre Freiburg im Breisgau uma nuvem de pó radioactivo que, doze dias antes, tinha pairado sobre os Estados Unidos.

O mundo sentiu-se ameaçado. A queda de material radioactivo aumentava. De ano para ano, as notícias tornavam-se mais alarmantes. Ainda hoje, não conhecemos verdadeiramente a extensão do perigo.

A poeira de qualquer explosão atómica contém quantidades consideráveis de carbono-14. As amostras de material recente, cuja idade se deva determinar, contém, portanto, carbono-14 adicional. Este altera o equilíbrio de ^{12}C para ^{14}C,

e nós medimos um valor ^{14}C que faz com que a amostra pareça menos antiga do que é na realidade. Se quisermos evitar erros, devemos distinguir três espécies de material carbónico: primeiro, o carbono que contém o ^{14}C adicional da explosão atómica; segundo, o espécime *normal* de carvão, proveniente dos reinos animal e vegetal, de época anterior a 1945; terceiro, o *carbono primitivo*, em forma de carvão de pedra, isto é, petróleo. Este é tão antigo que todo o carbono existente nele se desintegrou há muito. Já não se pode desprezar a quantidade de ^{14}C da bomba atómica no globo terrestre. Só no período de Março de 1955 a Março de 1958, o conteúdo de ^{14}C na troposfera aumentou anualmente na proporção de 5 %. A isto acrescentam-se as quantidades maciças das experiências atómicas russas. Ainda não se sabe ao certo em quanto tempo, ou melhor, com que velocidade esse material atinge a superfície da Terra. As avaliações oscilam entre quatro a quinze anos. O valor exagerado atribuído ao ^{14}C descerá para metade, na proporção da velocidade da desintegração. Dentro de cinco mil e seiscentos anos os nossos descendentes terão apenas metade das nossas preocupações.

Gases de escape primitivos

O aumento de ^{14}C não é, contudo, dificuldade com que lute a nossa era técnica no processo de fixar a idade por este elemento.

O Instituto Físico da Universidade de Heidelberga possui uma instalação moderna para realizar esse processo segundo os métodos de Libby. Em 1955 ocorreu ali um facto curioso: alguns estudantes e assistentes do Instituto voltaram de um passeio por uma auto-estrada, tendo colhido grande quantidade de folhagem fresca. Submetida esta à prova do relógio de isótopos, este acusou — parece incrível! — uma idade de quinhentos anos! A hipótese confirmou-se. Assim

como os resíduos atómicos podem falsear as medidas, dando menos idade, também uma influência de acção oposta tem o poder de iludir, aumentando a idade. Os motores dos automóveis queimam, nos seus cilindros, produtos do petróleo. Este deriva de períodos tão remotos da nossa geologia que — já o dissemos — deixou de conter carbono-14. Consequentemente, os gases de escape já estão isentos de ^{14}C, o que significa que, ao longo da estrada, o conteúdo de ^{14}C do bióxido de carbono, com que as árvores fazem ramos e folhas, se havia rarefeito, a ponto de fazer crer que o ar ali tinha quinhentos anos. Passando-se isto na rodovia, que não acontecerá na cidade? Fizeram-se experiências e o resultado foi o mesmo: os gases de escape alteram de tal forma o conteúdo de ^{14}C da vegetação que medra no centro da cidade que as plantas chegam a acusar uma idade de quinhentos anos.

Todavia, nem só os gases de escape modificam o equilíbrio natural de ^{14}C. Métodos apurados de medida provaram que as nossas instalações caloríferas também contribuíram para isso, porque fornecem, por combustão da hulha e do coque, bióxido de carbono isento de ^{14}C, diluindo assim, completamente, a radioactividade natural de ^{14}C. A percentagem de bióxido de carbono na atmosfera era em 1902 de 0,029 %; actualmente sobe a 0,032 %.

O que se passou é simples: o conteúdo de ^{14}C da atmosfera, reduzido desde 1870, em nove decénios de industrialização, recobrou um largo equilíbrio, graças à explosão de bombas atómicas. Tratar-se-á, porém de um equilíbrio natural, satisfatório? Não, decerto. Mas constitui, para os físicos das gerações vindouras, um interessante objecto de estudo do nosso tempo.

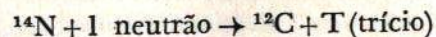
O relógio de carbono anda, sem interrupção, mal sobrevém a morte; mas o seu movimento torna-se cada vez mais fraco e vagaroso. Ao termo de cinco mil e seiscentos anos, tem apenas metade da sua força inicial; passados onze mil e duzentos anos, está reduzido a um quarto; em espécimes com

a idade de vinte e dois mil e quatrocentos anos pode contar-se, se tanto, com um dezasseis avos da intensidade original do ^{14}C, isto é, aproximadamente a desintegração dum átomo de ^{14}C, num grama de carvão, por minuto. Os aparelhos com os quais, em caso extremo, ainda é possível medir os resíduos de ^{14}C de uns setenta mil anos de idade, em restos de animais e vegetais, são realizações magistrais da física. Aí, porém, o relógio pára. Por outro lado, falham igualmente as medidas de espécimes demasiado recentes, fazendo-se embora abstracção da já mencionada causa de erro: os gases de escape e as bombas atómicas. Nas primeiras décadas, as reduções muito pequenas de carbono-14 também prejudicaram as medidas. O objecto de pesquisa deveria ter a idade de quatrocentos anos. Eis um sério inconveniente.

Que há a fazer? Temos no relógio de átomos o ponteiro das horas. Não se poderá acrescentar também o ponteiro dos minutos?

O relógio universal ganha o ponteiro dos minutos

O professor Libby e os seus colaboradores puseram-se a pensar. Precisavam dum material muito espalhado na natureza, continuamente renovado e que, além disso, se desintegrasse radioactivamente. Libby voltou às reacções da radiação cósmica. Lá em cima, nas mais altas camadas do envoltório gasoso do nosso planeta, há uma radiação que poderia ser interessante. O azoto contido nessa camada seria susceptível de formar, com os neutrões da radiação cósmica, um trício. E Libby formulou tal reacção, nestes termos:

$$^{14}N + 1 \text{ neutrão} \rightarrow {}^{12}C + T \text{(trício)}$$

O trício, porém, nada mais é que um isótopo do hidrogénio; este gás, por seu turno, é parte química integrante

da água. A água existe em todo o globo terrestre. Mas eis o argumento decisivo; o trício é radioactivo; desintegra-se e reduz-se a metade em doze anos e meio.

Contudo, os cientistas duvidavam. Perscrutando os seus relógios de isótopos, tinham tentado calcular quanto ^{14}C há na superfície da Terra. Dos seus cálculos resultou que, em um centímetro quadrado da superfície terrestre, desintegram-se em cada segundo 2,4 átomos de ^{14}C. Consequentemente, existem ao todo, na Terra, pouco mais ou menos, umas oitenta toneladas de ^{14}C.

Mas que acontece ao trício? Desce à superfície da Terra com a chuva. Quanta chuva cai sobre a Terra? Fizeram-se pesquisas sobre estas questões, e os resultados são surpreendentes: o conteúdo de trício, nas precipitações, varia. Na região de Chicago notou-se que as chuvas de Verão contêm apenas metade do sedimento de trício das chuvas invernais. A razão disto é óbvia. As chuvas de Verão derivam, em primeiro lugar, do golfo do México. São, em consequência, água produzida pela evaporação local. As chuvas invernais, pelo contrário, vêm — na maior parte — do oceano Pacífico, trazidas pelos ventos. As nuvens da chuva de Verão percorrem um caminho relativamente curto e é breve o lapso de tempo durante o qual absorvem trício. O Pacífico, porém, fica mais distante, sendo portanto maior a absorção de trício. Isto é, o caminho percorrido desde o Pacífico não é tão longo que permita a desintegração duma parte considerável de trício.

Como Libby e os seus colaboradores já dispunham de algumas medidas, puderam chegar a um resultado desalentador: a quantidade total de trício na Terra mal perfaz mil quatrocentos e cinquenta gramas! E o teor de trício da atmosfera talvez não ultrapasse dez gramas.

Como se havia de provar a utilidade do trício para determinar idades? Era preciso ter *água velha*. Mas aonde se iria buscar água velha? Esperava o professor Libby que algum peregrino possuísse uma grande provisão de água benta an-

tiga? Ainda neste caso, naturalmente, cumpria apurar donde nos vinha a água e de há quantos dias ou meses datava. Como era de prever, malograram-se todas as tentativas de se obter suficiente quantidade de água. A situação dir-se-ia desesperada.

De repente, ocorreu a ideia luminosa. Água velha? Havia de sobra, para comprar! E o nome comercial dessa água velha é... vinho! Sim; sob o ponto de vista dos físicos, o vinho não é senão água velha da chuva, aliás água *impura*, com um pouco de álcool, substâncias aromáticas e alguns sais; mas o elemento predominante é justamente *água velha*. E satisfaz até o segundo requisito: as etiquetas dos vinhos, além de darem a idade e o lugar de origem dessa *água*, contêm outros dados exactos, como *vindima tardia* e congéneres.

Libby recebeu vinho do mundo inteiro: de Mosela, da Califórnia, de Portugal. Chegou a adquirir uma apreciável quantidade de velho *whisky* escocês, em garrafas, para extrair o conteúdo alcoólico da bebida. Não importava a boa qualidade da *água*; interessavam os dados exactos sobre a sua idade e proveniência.

E a experiência surtiu êxito! Os dados fornecidos pelos aparelhos coincidiam com os dos rótulos dos vinhos... ou, então, os rótulos mentiam. Mas Libby foi esperto... Dentro em pouco, negociante algum podia gabar-se de lhe vender vinho novo por velho. E assim as pesquisas puderam continuar. Tratar-se-ia de água pluvial recente ou de infiltrações acumuladas, há decénios, nas camadas profundas da crosta terrestre? Se o conteúdo de trício fosse elevado, a água seria da chuva. Libby pôde provar que as águas termais de Larderello, na Itália, são de origem antiga, e que a água do poço do Observatório McDonald, no Texas, também data de há muito tempo. Entretanto, ao contrário do que se presumia, a fonte termal de Hot Springs, no Arcansas, é água da chuva. Na Gronelândia, perfurou-se uma geleira. A determinação do trício deu a idade das camadas de gelo que a formam.

O processo de Libby, de datar com ^{14}C, permitiu colher dados sobre um período de setenta mil anos. É a vida de muitas gerações. Tudo quanto conhecemos em resíduos de civilização humana dignos de menção cabe nesse período. Se bem que não tenhamos dado senão um breve passo, aproximamo-nos dos dias da criação.

Esta descoberta e o seu aproveitamento valeram a Libby, em 1960, a mais alta distinção científica: o Prémio Nobel. Embora os seus trabalhos sejam essencialmente os de um físico, outorgou-se-lhe o Prémio Nobel de Química.

CAPÍTULO II

QUE IDADE TEM A TERRA?

TRABALHO INÚTIL E DOBRADO — O DRACHENFELS NÃO TEM MUITA IDADE — DESDE QUANDO A TERRA SE CHAMA TERRA?

Nos laboratórios dos físicos e químicos de todo o mundo é hoje escutado o tiquetaque dos medidores e contadores da desintegração radioactiva.

Os grandes museus também reconheceram o valor dos novos processos de determinação de idade. O nosso relógio universal tem ponteiros das horas e dos minutos, agora também indispensáveis ao pesquisador da História. São ociosas as especulações em torno de cuja época data este ou aquele achado, da autenticidade de certo documento, ou se se trata de falsificação ulterior.

Mas, que é um período de setenta mil anos, comparado a milhões de anos? Ainda estamos muito longe da resposta à pergunta:

— Que idade tem a Terra?

Em 1654, quando o bispo irlandês James Ussher escreveu que o Mundo fora criado a 26 de Outubro de 4004 a. C., pelas 9 horas da manhã, obteve-se realmente um dado muito exacto; e cumpre reconhecer que o eclesiástico estudou com

muito empenho a Bíblia para chegar a esse resultado. Nem por isso se lhe pode dar crédito.

Mais confiança inspira já a modéstia do notável físico francês Dominique François Arago. Em 1837, Arago pesquisou o declínio da temperatura do nosso planeta, partindo de que, originàriamente, a Terra foi um corpo celeste em chamas, incandescente. Se quisermos determinar exactamente o declínio da temperatura da Terra, cumpre-nos saber aproximadamente há quantos milénios ela ainda conservava a incandescência. Mas o cientista Arago tinha consciência das limitações desse processo. Numa das suas dissertações populares, exprimiu-se prudentemente nestes termos:

«A solução do problema da idade do nosso planeta, questão debatida tantas vezes, compreendendo o período da sua incandescência, baseia-se na observação duma diferença termométrica que, aliás, dada a sua pequenez, inconcebível com os nossos recursos actuais, está reservada aos séculos vindouros.»

Mas depois cobrou ânimo e, no capítulo seguinte, provou aos seus leitores que, em todo caso, nos últimos dois mil anos «a temperatura da Terra, dum modo geral, não sofreu mudança superior a um décimo de grau» — do que hoje, infelizmente, é lícito duvidar.

Fazendo abstracção disso, resta indagar, originàriamente, se a Terra foi de facto um corpo em fusão. Os teóricos antigos, como o próprio Arago, quase sempre o supuseram. Hoje, porém, perguntamos: «Será verdade?» Uma série inteira de cientistas não só põe em dúvida essa hipótese, como também a rejeita decididamente. Outros concordam numa primeira fase de formação fria, à qual sucedeu, porém, um aquecimento que se elevou a altas temperaturas.

Desde que não é possível utilizar a perda contínua de calor da Terra para lhe determinar a idade, como correm as coisas, com o uso da perda da radioactividade, actualmente estudada tão a fundo?

Trabalho inútil e dobrado

É próprio da peculiaridade da pesquisa o facto de certas descobertas decisivas não serem, a princípio, reconhecidas como tais. Faz-se mais uma experiência, pelo amor da certeza, mais uma confirmação adicional da natureza, mais outra tentativa no mesmo sentido, mas ainda desta vez não dá certo. Variam-se as condições de experiência — sem resultado. Por outro lado, repete-se constantemente, na história da ciência, o fenómeno de dois pesquisadores se ocuparem exactamente do mesmo problema, sem saberem um do outro.

Mais um exemplo desse destino do pesquisador ocorreu em 1912. No já então famoso Instituto Vienense de Rádio, Stefan Meyer incumbira o seu discípulo Fritz A. Paneth de separar, por processos químicos, o uranato pechblenda do chumbo comum. Ao vienense Paneth, cujo pai era já cientista de renome, abria-se uma carreira brilhante... e uma triste sorte: a emigração. A princípio, entregou-se à tarefa que lhe confiara o mestre. Não seria, pròpriamente, muito difícil de realizar.

Na Universidade de Manchester, em 1911, ocupavam-se com um problema análogo. O professor Ernest Rutherford, Prémio Nobel, acolhera no seu instituto um hóspede que, um dia, havia de ser tão famoso como o seu chefe naquela época: George von Hevesy, filho do conselheiro áulico Ludwig von Hevesy, de Bupadeste. Sem ter conhecimento dos trabalhos do vienense, Rutherford transferiu ao seu hóspede a mesma incumbência que Paneth recebera em Viena.

Nenhum dos dois obteve êxito.

Quis o acaso que Paneth e Von Hevesy se encontrassem em Viena. Depois de muitas tentativas malogradas, ambos estavam convencidos da impossibilidade de separar o rádio D do chumbo. Discutiram o problema e, nesse debate, chegaram a uma descoberta que os consternou: o rádio D, quìmi-

camente, não é senão chumbo; por isso mesmo, não é possível separá-lo quìmicamente de si próprio. Há, porém, um chumbo que, sob a emissão de certos raios, isto é, radioactivado, se transforma noutras espécies de chumbo (isótopos). Mais ainda: se tivermos uns cinco ou seis pedaços de chumbo e quisermos misturar *um* deles com certa quantidade desse chumbo radioactivado, *fìsicamente* esse pedaço se distinguirá; *quìmicamente*, porém, não se diferenciará dos outros. Com efeito, se dissolvêssemos todo o nosso chumbo em ácidos, o espécime marcado com chumbo radioactivado seria sempre encontrado na solução. O chumbo radioactivado seria um ponteiro, um indicador.

Naquele tempo, Paneth tinha vinte e cinco anos; Von Hevesy, vinte e oito incompletos. O conceito *isótopo* era desconhecido. A ciência da radioactividade estava ainda na infância. Mas, em Viena, os dois rapazes aprestavam-se a lançar os alicerces da nossa hodierna técnica dos indicadores de isótopos para um vasto processo de trabalho científico, sem o qual era impossível imaginar uma biologia, uma química, uma geologia, uma física, uma dietética ou uma medicina modernas. Há alguns anos que esse processo vem penetrando em todos os sectores da técnica, simplificando muitas pesquisas, com uma economia anual de milhões, não apenas para a indústria, como também na administração. Desde que dispomos de reactores, poucos são os elementos dos quais não podemos obter isótopos. Um ramo especial da indústria fornece hoje centenas, se não milhares de subprodutos para fins especiais. Aplicam-se isótopos para verificar o bom acabamento dum pneu, a espessura dum oleoduto, a eficiência dum medicamento, os processos vitais duma borboleta — e sempre os isótopos reduzem o trabalho ao mínimo. Os isótopos do carbono, do fósforo, do iodo situaram-se ao lado do rádio D-chumbo.

Paneth e Hevesy exararam as suas descobertas e as suas

teorias no relatório do ano de 1913 da Imperial Academia das Ciências de Viena. Esse importante documento intitula-se: *Dos Radioelementos, como Indicadores, na Química Analítica.*

O Drachenfels não tem muita idade

É o caso de se repetir a pergunta: será possível basear nessas descobertas um método para determinar a idade da Terra?

Examinemos as coisas, num exemplo prático. Consideremos uma pedrinha branca. Que idade terá ela? Se perguntarmos a um geólogo, que o deveria saber, ele encolherá os ombros e dirá: «Essa pedra é calcário conchífero; pertence a um grupo constituído por uma tríade de arenito, calcário conchífero e uma terceira camada superior. Chama-se calcário conchífero a camada de pedra formada, no curso do tempo, pelos restos de conchas de moluscos marinhos, de caracóis, etc. Assim, para começar, já sabemos bastante: se essa camada consta de restos de animais, só pode datar de muito depois da criação da Terra. O arenito é pouco mais velho.» Acreditemos no especialista. Basta uma vista de olhos superficial para verificar que essa pedra não passa duma aglomeração de grãos de areia. Mas donde vem a areia? Como se há-de saber qual é a rocha mais antiga, digamos, a rocha original?

Para isso não há senão o método de trabalho baseado nos resultados obtidos por Paneth e Hevesy. O rádio D, outrora tão misterioso, não é mais do que um produto de desintegração do urânio, com o símbolo ^{238}U. Se tomarmos certa quantidade do uranato pechblenda, este conterá todos os produtos de desintegração derivados, no curso do tempo, do ^{238}U. São uma série de elementos, como o tório, o bis-

muto, o polónio e o próprio rádio. Mas o último grau de desintegração do urânio é o chumbo, que não sofre desintegração ulterior; é estável. Poderíamos esperar uma eternidade; o urânio desapareceria e só ficaria o chumbo. Se, porém, quisermos determinar a relação actual entre o urânio e o chumbo — o que é afinal relativamente fácil —, descobriremos que ainda estamos longe dessa eternidade, ou — o que vem a dar na mesma — da idade presente do mineral.

Temos aqui, em compensação, uma possibilidade de pesquisar dados de idade, mediante a desintegração radioactiva dum isótopo. Se fizermos uma comparação com o relógio de carbono criado por Libby, acharemos, no entanto, certas diferenças. Libby mediu os resíduos dum radioisótopo existente na actualidade e, para comprovar o seu processo, dispôs de copioso material já datado exactamente pelos historiadores. Para determinar a idade da Terra, em relação a minerais terrestres, contamos só com os isótopos que subsistem desde a criação da Terra, isto é, com quantidades que, desde então, diminuem ininterruptamente. Não há possibilidade de *contrôle* exacto. Finalmente, cumpre considerar que Libby pode aduzir argumentos essenciais de que a relação carbono-12/ /carbono-14 se manteve equilibrada durante dezenas de milhares de anos. No material geológico, esse equilíbrio não é tão fácil, pois estes materiais estão quentes, ou em fusão, em razão do que certas partes integrantes como o chumbo, por exemplo, podem separar-se. Outros elementos volatilizaram-se totalmente. E todos se escondem nas rochas vizinhas, em concentrações relativamente elevadas. Talvez tenham sido arrastados pelas águas subterrâneas e se encontrem numa terceira ou quarta estratificação. Na avaliação de idades geológicas, convém proceder com prudência.

Actualmente, porém, os cientistas dispõem de vários métodos análogos. O facto de atribuírem aos mesmos materiais

os mesmos valores garante uma segurança considerável. Vejamos alguns desses valores, medidos em minérios ou minerais:

Traquite de Drachenfels	25	milhões de anos
Pechblenda de Joachimsthal	200	» » »
Vários minérios do Ural	240/270	» » »
Biotite de Dartmoor (Ing.)	270	» » »
Granito de Westmoland (Ing.)...	381	» » »
Torite de Ceilão	500	» » »
Minério africano de Morogoro ...	680	» » »
Broggerite da Noruega	900	» » »

Desde quando a Terra se chama Terra?

Dados surpreendentes, estes, que parecem, no entanto, dignos de toda a confiança.

Novos métodos de pesquisa, aperfeiçoados, homogéneos em princípio, permitem datar minerais mais antigos. Por exemplo: o lepidolito, encontrado em diferentes pontos dos Estados Unidos e na Rodésia do Sul, foi submetido à prova. E desta vez ultrapassamos o limite de mil milhões de anos, porque os valores apurados situam-se entre os dois mil quinhentos e cinquenta milhões e os dois mil seiscentos e quarenta milhões de anos. A areia monazítica da Rodésia do Sul é mais antiga; dois mil seiscentos e cinquenta milhões de anos. Finalmente, o uraninito do Transval: dois mil setecentos e trinta milhões de anos.

Na península de Cola, achou-se uma pedra com três mil e quatrocentos milhões de anos.

Desta maneira, mais dia menos dia, deverá ser possível descobrir o torrão *mais velho* da nossa Terra.

Mas quem provará que esses minerais datam de quando a Terra se formou? Não há como apresentar essa prova. É, de facto, extremamente improvável que os ditos minerais sejam

tão antigos como o nosso planeta — razão por que se pode discutir desde quando se há-de dar ao globo terrestre o nome de Terra. Devemos já dar o nome de *Terra* à sua primeira conformação original, talvez uma nuvem de poeira cósmica? Ou merecerá essa denominação a época em que a poeira se aglomerou? Afigura-se-nos mais razoável baptizar com o nome de Terra a conglomeração de matéria, de forma aproximadamente esférica, sólida ou semi-sólida, e mostrando já uma espécie qualquer de estrutura. Ainda assim, o espécime de pedra que chegou até nós não pode datar de eras tão remotas. Passaram-se, indubitàvelmente, muitas centenas de milhões de anos antes de se formar a crosta sólida do nosso globo.

Se dissermos, com bases positivas, que a crosta terrestre tem mais de três mil e quatrocentos milhões de anos e somarmos a estes um período anterior de desenvolvimento de mil milhões de anos, durante o qual os metais se solidificaram e assumiram a sua forma actual, chegaremos a uma idade da Terra de, no mínimo, quatro mil e quatrocentos milhões de anos, valor, sem dúvida, ainda muito insignificante. Acrescentemos mais mil milhões de anos — veremos depois porque tem de ser assim. Aqui, porém, cabe a pergunta: embora cheguemos a conhecer exactamente a idade da Terra, quer isto dizer que o Universo data da mesma época?

Estava reservado a Paneth contribuir para responder a esta questão, com uma ideia genial.

CAPÍTULO III

CAI UMA PEDRA DO CÉU

COMPRAM-SE ESTILHAÇOS DE METEORITOS — HÁ CINQUENTA MILHÕES DE ANOS EXPLODIU UMA ESTRELA — A IDADE MÍNIMA DO COSMO

O dia 11 de Agosto de 1956 foi um belo dia de Verão; além disso, não passou de um dia como os outros para a cidadezinha hessiana de Breitscheid im Dillkreis, distante uns trinta e seis quilómetros da cidade universitária de Giessen — pelo menos até às primeiras horas da tarde. Uma dona de casa terminava o seu dia de lavagem de roupa e estendia-a num relvado. No alto, em pleno céu límpido, um avião volteava sobre a povoação. De repente, a poucos passos da lavadeira, uma coisa caiu do céu e enterrou-se, com fragor, no prado verde. Simplesmente inaudito, atirar aquilo dum aeroplano em voo! Não custava ir ver de que se tratava. A lavadeira foi ao lugar do impacte, abaixou-se... e achou uma pedra. Uma pedra quente, preta, pesada, de tamanho regular. Que pouca vergonha! Atirar pedras quentes lá de cima!

No fim de contas, como isto não acontecia em Breitscheid todos os dias, a mulher apanhou a pedra e levou-a para casa. E a dita pedra tornou-se, em breve, o assunto da loca-

lidade. Muitas mãos rústicas a apalparam. Seria de facto uma simples pedra preta, ou uma peça do avião?

Quebrar a pedra foi apenas uma reacção natural. Foi partida numas dezenas de estilhaços. Por dentro, era mais clara. A crosta negra, sólida, formava apenas um envoltório muito delgado. Subentende-se que todo o conhecido ou visitante pediu ou recebeu com agrado um pedacinho daquele mineral para ficar como lembrança dum dia em que sucedera uma coisa extraordinária. E assim, os estilhaços da pedra foram acabar entre bugigangas, em gavetas e caixinhas.

Em breve, a pedra caiu no esquecimento. Era tempo de colheita; havia mais em que pensar.

Mas depois formou-se, por assim dizer, uma cadeia de acasos. Em certa fábrica das vizinhanças de Breitscheid trabalhava um químico. Esse homem ouviu a história da pedra supostamente caída do avião. Arranjou um estilhaço, rachou-o e analisou uma das lascas. Resultado: a pedra era um meteorito! Era, em todo caso, muito interessante. O químico resolveu logo escrever um pequeno artigo para um periódico local, o *Dillpost*, que o publicou no dia 1 de Setembro. E, em Breitscheid, foi uma alegria geral: não os bombardeara com aquilo o aeroplano; era um meteorito. Na redacção dum grande jornal de Frankfurt, o redactor responsável leu o *Dillpost*. Então em Breitscheid também caíam meteoritos do céu?! Seria um óptimo assunto, no caso de faltar com que preencher algumas linhas, não mais. A breve notícia foi publicada no dia 25 de Setembro. Milhares de pessoas a leram. Só uma se interessou por ela sèriamente: a quimiotécnica do Instituto Max Planck de Química, de Mogúncia, que percebeu o valor da informação, justamente uma colaboradora do instituto cujo director era Fritz A. Paneth, considerado especialista internacional no sector da pesquisa de meteoritos. A rapariga informou o chefe. E este achou incrível o que estava ali, diante dos seus olhos, no jornal. Fazia anos que o cientista andava à procura dum meteorito

recém-caído do espaço, porque só um tal exemplar cósmico poderia ajudá-lo a responder à questão que, havia anos, o intrigava. Na manhã seguinte, um dos seus assistentes já estava a caminho de Breitscheid.

Compram-se estilhaços de meteoritos

Desde que deixara Viena em 1918, Paneth vinha fazendo uma carreira brilhante, primeiro como professor em Praga, depois em Hamburgo, em Berlim e finalmente, em 1929, como catedrático e director do Instituto de Química da Universidade de Conisberga. Em 1933, quando os acontecimentos políticos principiaram a projectar as suas sombras, Paneth foi um dos primeiros cientistas que abandonaram a Alemanha. Domiciliou-se na Inglaterra e, com a ajuda de amigos, ali viveu longos anos, desbravando penosamente o seu caminho. Regressou finalmente no Verão de 1953. Foi então nomeado director do Instituto Max Planck e chefe do Departamento de Química.

Já em Conisberga, Paneth se dedicara a um sector de trabalho onde, na opinião geral, não há frutos científicos para colher. Que é o que não se sabe sobre meteoritos? Há meteoritos de pedra, meteoritos de ferro e um terceiro género formado por partes de ferro e pedra. A qualquer estudante de curso superior, o termo *meteorito* lembra as figuras de corrosão de Widmanstätten, em ferro de meteorito... tantas vezes mencionadas e nunca vistas. Das análises químicas resultou, aliás, que todos os meteoritos têm quase a mesma composição. Os meteoritos caem do céu, e podem ser encontrados, quando são de tamanho descomunal. Certos museus orgulham-se de possuir exemplares magníficos, e os seus directores não vêem com bons olhos os químicos que lhes vão pedir uma lasca da pedra celeste para uma análise.

Mas Paneth interessava-se extraordinàriamente pelos

meteoritos. Durante a sua permanência na Inglaterra, publicara, inclusive, um livro sobre o assunto.

Mas o que é que o fascinava realmente? Ele próprio o declarou muitas vezes: «O facto de serem os meteoritos as únicas partes sólidas de corpos celestes que conhecemos até agora, o único material ultraterrestre que podemos ter nas mãos.»

O assistente de Paneth trouxe de Breitscheid dois pedaços da cobiçada pedra. Não havia dúvida, eram partes dum meteorito autêntico. Onde andaria o resto? Em Breitscheid, o alvoroço era geral. Quem diria que, embora apenas cientìficamente, um meteorito fosse um objecto tão precioso que chegasse a ter valor comercial! Os estilhaços siderais tinham passado, havia muito, de mão em mão. Fossem eles, ou não, dados de presente, os antigos donos exigiam a devolução do seu estilhaço. Acaso os doutores de Mogúncia davam alguma coisa de graça? Nunca! Se quisessem ter os pedaços da pedra, teriam de pagar. E Paneth pagou. Naturalmente, de acordo com o peso. Em Breitscheid, estabeleceu-se um preço fixo para meteoritos e chegou a florescer o comércio de permuta.

Pouco a pouco, reconstruiu-se em Mogúncia a forma original do meteorito.

Ainda faltava, porém, um pedaço. Uma jovem da aldeia vizinha, ausentando-se durante as férias, levara-o consigo. Encontrou-se a rapariga. Não; ela não daria a sua lasca de pedra, nem por dinheiro. Paneth visitou-a então em traje de cerimónia, e o seu encanto de grão-senhor levou a melhor. Seguiu-se uma transacção indubitàvelmente única na ciência: Paneth trocou o resto do meteorito por um colar com pingente, no qual se engastaria um fragmento da pedra celeste. E assim, as duas *partes interessadas* se deram por satisfeitas. O caçador de meteoritos conseguira tudo o que desejava obter e a rapariga tornara-se dona de uma jóia emoldurando uma pedra que não é deste mundo.

Há cinquenta milhões de anos explodiu uma estrela

Porque fazia Paneth questão de ter o meteorito absolutamente completo? Para saber se esse mensageiro do Universo era tão antigo quanto os materiais terrestres. Ou seria mais velho do que a Terra? Paneth dispunha já de uma extensa lista de idades de meteoritos. Os valores obtidos eram um tanto incertos. Assim como o chumbo é o produto final da desintegração do urânio, também o hélio é um derivado, forçosa e notòriamente, ligado a essa cadeia de reacções. Logo, a idade dum meteorito tem de ser determinada pelo seu teor em urânio, ligado ao seu teor em hélio. Os resultados deste método raramente são satisfatórios por muito tempo, pois variam de mais. Mas pode-se apontar onde se esconde o erro. A hipótese de o teor em hélio derivar totalmente da desintegração do urânio era de facto errónea. Já em 1953 se obteve a prova de que até 25 % o hélio encontrado não se compõe de isótopo hélio-4, produto da desintegração do urânio, sendo, pelo contrário, hélio-3. Este, porém, produz-se durante o voo sideral do meteorito, sob a influência da radiação cósmica. A experiência foi relativamente simples. As zonas periféricas do meteorito de ferro mais expostas à radiação contêm mais hélio-3 do que as camadas internas. Além disso, desenvolviam-se concomitantemente métodos novos, sempre mais aperfeiçoados, de determinação de idade. Estes atribuíram a meteoritos idades até quatro mil milhões de anos. Valores relativamente *razoáveis* adaptam-se, *grosso modo*, à idade da Terra. Por outro lado — e isso era decisivo para Paneth —, a radiação cósmica forma, além do hélio-3, muitos outros isótopos, dotados, em parte, dum período de desintegração mais breve, entre eles o trício. Para certo isótopo do sódio, o tempo de desintegração que o reduz a metade é apenas dois anos e meio. Paneth pôs-se, em consequência, à procura desses produtos. Para isso, precisava de

meteoritos completos, isto é, com zonas periféricas e interior. Além disto, o meteorito devia ser de queda recente; de contrário, essas substâncias de duração efémera já teriam sofrido tal desgaste que deixariam de ser mensuráveis. Logo, as peças antigas de museu não têm valor para o cientista.

Ocorreu a Paneth uma ideia ousada: o número e a espécie das partículas desintegráveis radioactivamente contam-nos a história do meteorito. Revelam-nos quanto tempo o meteorito esteve exposto à radiação cósmica e a energia dessa radiação. Será possível, um dia, traçar-se uma espécie de mapa da radiação do Cosmo? E os meteoritos que deambularam milhões de anos nos céus podem revelar alguma coisa sobre a formação do nosso sistema planetário? Poderão dizer-nos quando e como nasceu o Universo? Aqui vai um dos primeiros resultados sensacionais destas pesquisas: muitos meteoritos de ferro, examinados até hoje, estiveram expostos à radiação cósmica cerca de um bilião de anos; os meteoritos de pedra, pelo contrário, só de dez a trezentos milhões de anos.

A análise do meteorito de Breitscheid deu outros resultados interessantes. Se todas as medidas forem exactas — e não há razão para duvidar disso —, o seu material deriva dum corpo celeste solidificado há uns três mil milhões de anos, isto é, duma rocha menos antiga do que a Terra. Esse fragmento de pedra cósmica explodiu há cinquenta milhões de anos. Desde então, os seus estilhaços giram em torno do Sol.

A idade mínima do Cosmo

Se considerarmos que, durante o voo, os meteoritos podem explodir, compreenderemos também porque oscilam os lapsos de tempo que medimos e nos quais os aerólitos permanecem expostos à radiação cósmica. Explodindo durante o voo, o meteorito dá origem a vários fragmentos com super-

fícies novas, ainda não expostas à radiação. Em consequência, esses estilhaços dão, forçosamente, para os períodos de radiação, valores mais baixos que os de um meteorito cuja superfície tenha estado constantemente exposta à radiação.

Se organizarmos uma lista de todos os meteoritos e das suas idades, verificaremos que eles formam dois grupos:

1) Meteoritos de pedra, que explodiram entre dez e trezentos milhões de anos atrás;

2) Meteoritos de ferro e de níquel; neste grupo, a explosão ocorreu num período muito anterior: setecentos a mil e quinhentos milhões de anos atrás.

O máximo de idade talvez caiba a um meteorito submetido a experiências segundo um processo baseado na existência do isótopo xénon-129. O xénon é, como o hélio, um gás nobre. Mas o isótopo do xénon, ^{129}X, tem mais uma propriedade notável: deriva do isótopo do iodo de massa 129, por desintegração. E este desintegra-se tão ràpidamente que, na Terra, nem sequer o conhecemos; o ^{129}X desapareceu há muito. Se pudéssemos provar a existência de xénon-129 no meteorito, tiraríamos primeiramente esta conclusão: este meteorito data de uma época em que ainda havia iodo-129. Baseados em cálculos e medidas, os cientistas julgam-se autorizados a dizer que o meteorito se formou trezentos e cinquenta milhões de anos depois do aparecimento do iodo-129, isto é, dos elementos químicos em geral! A idade global desse pedacinho de matéria cósmica orçaria, pois, pelos quatro mil novecentos e cinquenta milhões de anos, com uma tolerância de erro, para mais ou para menos, de cento e cinquenta milhões de anos.

Deveria ser pelo menos esta a idade do Universo!

Sobretudo nos Estados Unidos e na União Soviética, os cientistas ocupam-se hoje, intensivamente, com a pesquisa dos aerólitos, que já se reputava esgotada. Fundaram-se, até, duas associações internacionais especializadas, e os cientistas nelas reunidos pretendem manter intercâmbio de informações

sobre novas quedas de meteoritos nos seus respectivos países. Há poucos anos, um aerólito colossal despenhou-se sobre a região nordeste de Vladivostoque, com fenómenos análogos aos da explosão de uma bomba atómica. Viria ele pedir aos Estados Unidos que suspendessem as experiências com as suas armas nucleares? Foi, sem dúvida, um acontecimento marcante. Segundo consta, até um navio foi atingido por um estilhaço do projéctil cósmico. Um selo comemorativo da U. R. S. S. atesta a queda do meteoro. Conforme o acordo, um fragmento do meteorito coube ao instituto do professor Paneth, em Mogúncia.

CAPÍTULO IV

BOMBARDEAMENTO CÓSMICO

NEM SÓ NA LUA HÁ CRATERAS ENORMES — UM INDICADOR DE METEORITOS — O ENIGMA DA DEPRESSÃO DE NORDLINGEN — UMA QUÍMICA DO COSMO — O «DISCOVERER XVII», SOB O BOMBARDEAMENTO DE PROVA DE PROTÕES — O PRINCÍPIO NÃO É ETERNIDADE

TEMOS apenas um conhecimento muito incompleto acerca da queda de meteoritos. Eis uma estatística do período que vai de 1388 a 1940:

Na América, 662; na Europa, 335; na Ásia, 226; na Austrália, 91; na África, 71. Esta estimativa é decerto inferior à realidade. Acontece que centenas de pedras celestes caíram ao mesmo tempo, e nem sempre a queda desses aerólitos foi tão inofensiva como em Breitscheid. Assim, a 2 de Fevereiro de 1943, na cidade peruana de Carhuamayo, várias casas foram destruídas por meteoritos. A 18 de Outubro de 1958 caiu na Suécia Central um meteorito de oito quilogramas de peso, mas com um peso específico excepcionalmente reduzido. O mais famoso estilhaço de ferro meteórico é talvez o sagrado Hashar el Aswad, engastado em prata, na Caaba, o santuário-mor dos muçulmanos, em Meca. Reza a lenda que a pedra, trazida pelo arcanjo Gabriel para erigir o templo de Ismael,

era originàriamente duma alvura de neve. Enegreceram-na os pecados dos homens.

A 13 de Novembro de 1835, conforme se refere, «caiu em Belley (departamento do Ain) um meteoro luminoso, de grandes dimensões, que incendiou um celeiro».

Figuram entre os exemplos mais extraordinários de impactes de meteoritos os aerólitos de Bear Creek, nos Estados Unidos, e de Narraburra, na Austrália. O meteorito encontrado nos Estados Unidos pesa duzentos e trinta quilos, e o da Austrália, trinta e dois. Ambos foram registados, fotografados e analisados quìmicamente. Resultado: os dois estilhaços são tão semelhantes, coincidem tanto na estrutura e na composição, que provàvelmente formavam outrora um só fragmento. Nem é de excluir a possibilidade de lhes pertencer um terceiro meteorito conhecido.

Em todo caso, as quedas de meteoritos não são tão raras como geralmente se supõe. Cerca dum ano após a queda do meteorito de Breitscheid, pelas 12 horas do dia 6 de Dezembro de 1957, um cientista do Observatório Astronómico de Sonneberga teve oportunidade de observar um estranho fenómeno celeste: no céu, perfeitamente limpo, formou-se a grande altura uma nuvem prateada. Dois minutos e meio depois, ouviu-se um estrondo, seguido do ribombar de um trovão. Um avião a jacto? Um meteoro? Um inquérito revelou que em cinquenta e nove localidades se observara mais ou menos o mesmo fenómeno. A esfera de fogo rubro, visível a princípio, fora clareando aos poucos, até assumir uma cor azulada. Começara então a desenvolver-se a citada nuvem de fumo, a uns trinta quilómetros de altitude, vindo as pontas terminar a uma altura de dezasseis quilómetros. O meteoro caiu, provàvelmente, nas vizinhanças de Oberhof, na floresta da Turíngia. Em certos lugares, apurou-se que o ribombo do trovão fora muito forte, a ponto de os habitantes sentirem abalos semelhantes aos dum sismo. Procuraram-se, natural-

mente, os restos do meteoro, mas a neve não tardou a interromper a busca. Nem há a certeza de que, mais tarde, os tenham encontrado.

METEORITOS CAÍDOS NA ALEMANHA

Data	Localidade	Peso em quilogramas
12 de Junho de 1900 ...	Forsbach (Colónia)	0,24
3 de Abril de 1916* ...	Treysa (Marburgo)	63
1 de Julho de 1920 ...	Simmern (Hunsrück) ...	0,61; 0,47; 0,14
30 de Dezembro de 1927	Oesede (Osnabrück)	3,6
10 de Setembro de 1930	Beverbruch (Oldenburgo)	11,7; 4,8
11 de Agosto de 1956 ...	Breitscheid (Dillkreis) ...	1
26 de Julho de 1958 ...	Ramsdorf (Munster)	4,68

* *Idade:* $1,3 \cdot 10^9$ anos.

Nem só na Lua há crateras enormes

A partir de 1900, dos sete meteoros caídos em território alemão, encontraram-se sempre pelo menos alguns fragmentos. O maior desses meteoritos é o de Eisenklotz, com sessenta e três quilos, que se despenhou sobre Treysa, Hesse, em 1916.

Fez-se mais uma série de observações, nas quais as circunstâncias indicavam claramente uma queda de meteorito; apesar disto, não se recolheram fragmentos. Embora as quedas ocorressem em época de colheitas e houvesse muitos observadores ao ar livre, as buscas não deram resultado.

Só se conhece um reduzido número de grandes impactes meteóricos na Terra. A 30 de Junho de 1908 caiu um grande meteoro nas proximidades da feitoria de Wanawara, na pedreira de Tunguska, na Sibéria. Devastou uma área de oito mil quilómetros quadrados. Evidentemente, em vez de cair a prumo, esse projéctil cósmico atingira o solo em linha oblíqua. É absurdo, porém, querer deduzir deste e doutros achados — como ainda há pouco se fez sèriamente — que poderia tratar-se da aterragem de emergência duma nave espacial extraterrestre.

Já não se pode duvidar, hoje em dia, que a Terra seja atingida, com mais frequência, por meteoros colossais. Na província canadiana de Saskatchewan, o diâmetro de um impacte mede treze mil e setecentos metros. Também deve atribuir-se ao embate doutro enorme fragmento de material cósmico o anel de Vredefort, nas vizinhanças de Joanesburgo, África do Sul. Pesquisaram-se ali camadas raramente revolvidas e averiguou-se que o ponto de deformação do impacte meteórico tem um diâmetro de duzentos e vinte quilómetros. Segundo os cálculos, foi um bloco de mil e quinhentos a dois mil metros de diâmetro que, vindo de sudoeste, verrumou aquele solo. Os estudos geológicos autorizam a crer que este verdadeiro acontecimento cósmico ocorreu há mais de duzentos e cinquenta mil anos, desencadeando quantidades enormes de energia. O abalo sísmico ligado ao impacte foi, sem dúvida, milhares de vezes mais forte do que qualquer terramoto da era histórica. Finalmente, os técnicos julgam digno de atenção o facto de as ilhas Belcher ocuparem, na baía de Hudson, um círculo de quatrocentos quilómetros de diâmetro. Serão elas os vértices duma parede anular, cavada por *um aerólito gigante*?

É possível que, dentro dalguns anos, haja resposta para esta pergunta. Com efeito, foi recentemente planeado um teste para verificar impactes de meteoritos — um teste cuja história principia por um mineral artificial.

Um indicador de meteoritos

O cientista americano L. Coes empreendeu, há alguns anos, pesquisas com o fim de averiguar o que acontece aos minerais expostos a grandes pressões e temperaturas. Du-

rante essa pesquisa, em 1953, conseguiu produzir com quartzo um novo mineral que, em sua honra, se denominou *coesita*. Porque não aconteceria a mesma coisa na natureza? Como a produção de coesita exigia altas pressões, só se poderia encontrar essa nova forma de quartzo bem no interior do globo terrestre. Contudo, a procura de coesita nas minas de diamantes sul-africanas e noutras localidades não deu resultado. Aparentemente, esse mineral não existia na natureza.

Mas o ano de 1960 havia de trazer a contraprova. O dr. Shoemaker, da Liga Geológica de Washington, estudava a notória cratera do Arizona, um caldeirão de cento e setenta e quatro metros de profundidade e mil e duzentos de diâmetro. Entre os índios hopis corre a lenda de que um dos seus deuses, em forma de grande labareda, se arrojou naquela cratera. Os primeiros colonos brancos que chegaram à região encontraram na escavação numerosos fragmentos de metal, e concluíram que naquele lugar devia ter caído uma estrela.

Calculamos hoje que o meteoro causador da cratera de Barringer atingiu a Terra há vinte cinco mil anos. A velha tradição ameríndia é, pois, deveras assombrosa.

Para os geólogos, a cratera de Barringer é o tipo clássico de cratera meteórica. As suas paredes são, na maior parte, de arenito; o fundo está coberto de pedregulhos. A enorme quantidade de calor, produzida pelo embate do meteorito, fundiu parcialmente o arenito em blocos vidrados. A violência do choque projectou as pedras contra as paredes. Ora, no fundo da cova meteórica descobriu Shoemaker um mineral que podia identificar-se com a coesita. Fora, sem dúvida, um impacte meteórico que, sob muitos aspectos, ultrapassara o efeito duma explosão atómica. Até então não se obtivera coesita nas experiências de armas nucleares.

Consequentemente, graças a isso, além de podermos inserir a coesita na série de minerais que se originaram natu-

Os pontos negros indicam os locais, na América do Norte, onde caíram meteoritos

ralmente, possuímos agora nesse mineral um indicador de impactes meteóricos. Onde aparecer coesita na superfície da Terra, devemos atribuí-la à queda dum aerólito.

O enigma da depressão de Nordlingen

O dr. Shoemaker apresentou um relatório, com os resultados das suas pesquisas, ao Congresso Internacional de Geólogos, reunido em 1960 em Estocolmo. O cientista americano pretendia aproveitar essa viagem para tentar resolver um velho problema geológico. Com este intuito, fez uma breve excursão a Nordlingen, onde a chamada *depressão de Nordlingen* separa os Alpes suábios dos Alpes frâncicos. Esse

precipício, que interrompe sem motivo a cadeia alpina, intrigou sempre os geólogos de todo o mundo. Como se produziu? Durante muito tempo, pensou-se numa tremenda erupção vulcânica. Todavia, já na terceira década deste século, aventou-se a hipótese de ser a voragem de Nordlingen a cratera do impacte dum grande meteorito. O caldeirão descomunal mede cerca de vinte e cinco quilómetros de diâmetro. Esconde, sob uma camada de loess e argila, uma profusão confusa de pedregulhos graníticos de formações triássica e jurássica. Não tem orla regular de cratera, como a do Arizona. Há, porém, muitas semelhanças entre os sedimentos graníticos e vítreos do precipício de Ries e os predregulhos descobertos por Shoemaker, na cratera do Arizona. Resultado da análise exacta, realizada na Liga Geológica: coesita. De facto, esse mineral é tão abundante que, segundo avaliação do dr. Shoemaker, as paredes da igreja de São Jorge, construída em Nordlingen, no século XV, com essas pedras, devem conter mais de uma tonelada de coesita.

Resta averiguar se a pequena bacia Steinheimer, perto de Heidenheim, trinta quilómetros a sudoeste da voragem de Ries, se relaciona com este impacte meteórico. É bem possível que ambas se liguem ao mesmo aerólito.

Do ponto de vista geológico, a cratera do Arizona é, sem dúvida, recente. O precipício de Nordlingen deve ser muito mais antigo. A estimativa da idade dessa depressão oscila entre quinze e vinte milhões de anos.

É natural que o interesse dos geólogos se concentrasse em primeiro lugar na sensacional cratera do Arizona e na voragem singular de Ries, por se tratar de impactes de meteoritos de dimensões excepcionais. Pode o teste coesita-meteorito aplicar-se eficientemente a escavações menores?

Em Al Hadida, no grande deserto árabe, aos 21° 30′ de latitude norte e 50° 28′ de longitude leste, os cientistas descobriram uma pequena cavidade que não passava pròpriamente de uma pequena depressão arredondada, com uns

cem metros de diâmetro e cerca de treze metros de profundidade. As areias movediças encobriram, há muito, quaisquer particularidades. Entretanto, debaixo dos fragmentos de arenito, encontram-se pedras pretas vitrificadas. A análise das amostras deu um conteúdo de 1 % de coesita. Não havia dúvida: também ali o nosso globo fora atingido por um meteorito.

Ficou assim demonstrado que é possível provar, igualmente, impactes de aerólitos menores. Dentro de alguns anos, os nossos atlas talvez incluam uma nova espécie de mapas geológicos: *Mapas dos bombardeamentos de meteoritos.*

Uma química do Cosmo

Ocorre a pergunta: desde quando nos alvejam, realmente, os meteoritos? Se nas eras remotas da história do globo terrestre já houvesse quedas de aerólitos, estes deveriam estar encravados nas rochas das antigas camadas geológicas. Na verdade, desde tempos imemoráveis se britam pedras para construção, para estradas, para diversos fins, e nunca se teve conhecimento do encontro dum meteorito. Mas um acaso realmente extraordinário forneceu um indício: recentemente, no Texas, ao fazer uma perfuração petrolífera, a equipa de trabalhadores esbarrou, a quinhentos metros de profundidade, com forte resistência. A broca parou. Removido, finalmente, o obstáculo, examinaram-se os destroços. Dir-se-iam fragmentos de ferro. Ferro? Na camada que perfuravam, era coisa que não poderia existir. A análise química ratificou a única solução possível do mistério: a broca perfurara um meteorito!

A análise química acusou: meteorito de ferro com 82 % de ferro, 5/10 % de níquel, vestígios de fósforo, carbono e silício. As circunstâncias geológicas concomitantes provaram, irrefutàvelmente, que os meteoritos nos bombardeiam pelo

menos desde o período terciário, isto é, quando na Europa se formavam os Alpes, quando os montes da Alemanha, como o Eifel, o Vogelsberg, o Rhon, eram ainda terreno vulcânico, e as fontes termais jorravam do solo, como a de Baden-Baden, no vale do Reno, então ainda bastante agitado.

Inicia-se uma química do Cosmo absolutamente nova e positiva, digamos, uma *geologia* da Lua, porque ainda carecemos dum termo adequado para a ciência do solo e da mineralogia dos corpos cósmicos ultraterrestres, que certamente virá dentro dum prazo determinado e ampliará decisivamente os nossos conhecimentos. Aguardemos o resultado das análises das primeiras amostras do solo lunar. Antes disso, porém, os foguetões proporcionar-nos-ão meios de aumentarmos os nossos conhecimentos sobre o comportamento dos meteoros, pois é possível registar, nessas sondas do espaço, o impacte de micrometeoros. Por outro lado, já estamos na iminência de equipar as sondas espaciais com *armadilhas para meteoritos*. Estes aparelhos permitirão determinar várias propriedades dos meteoros, tais como o seu número, a trajectória, a velocidade de voo e, dentro de certos limites, também a sua massa.

O «Discoverer XVII» sob o bombardeamento de prova de protões

Todavia, nem só neste sentido colaborarão futuramente os pesquisadores de meteoritos e os cosmonautas. No dia 12 de Novembro de 1960, às 12 horas e 42 minutos, subiu ao espaço, na base aérea de Vandenberg, Califórnia, o «Discoverer XVII». Nesse instante produziu-se no Sol uma violenta explosão gasosa e a Terra ficou sob um enorme bombardeamento dos protões centrifugados. O satélite girou dois dias em torno da Terra, em altitudes que variavam de duzentos a novecentos quilómetros. Quando o recolheram, no Pacífico, estava radioactivo. A pesquisa meticulosa das transformações químico-nucleares ocorridas, iniciada logo a seguir, deu uma série de resultados interessantes. Verificou-se, por exemplo, que cada centímetro quadrado do satélite fora atingido por cem milhões de protões. Imaginemos agora que os meteoritos de ferro e níquel tenham uma composição sob muitos aspectos semelhante ao aço inoxidável do material do satélite; aí se nos evidencia uma conexão. Os satélites podem comunicar-nos o que se passa nas regiões cósmicas durante breves períodos de efeito de radiação. Por outro lado, os meteoritos permitir-nos-ão tirar conclusões relativas ao que talvez aconteça em âmbitos de voo mais vastos na amplidão do espaço. Pesquisar meteoritos — *as naves espaciais do pobre*, como já foram denominados — é naturalmente mais difícil; mas os resultados não são menos interessantes.

Todavia, está justamente nisto uma objecção importante contra qualquer tentativa de determinar idades, uma objecção com a qual se defrontou já o próprio Libby, no seu processo de datar com ^{14}C. Todos esses processos pressupõem que as radioexplosões — como a que registou o «Discoverer XVII» — não tenham influência notável. Se a força da radiação cósmica se deslocar, oscilando talvez para cima ou para baixo, forçosamente haverá erro. Deve admitir-se que não haja oscilações? A princípio, Libby não pôde provar exactamente o contrário. Nem o julgou indispensável. Para ele, o importante é verificar a possibilidade de que, em longos períodos de tempo, o seu método coincide precisamente com resultados seguros de pesquisadores da História.

No tocante aos minerais terrestres, a situação é já muito mais difícil. Pode-se comprovar, naturalmente, se as idades averiguadas correspondem cronològicamente à sequência dos estratos descobertos pelos geólogos. Mas, quanto à idade das camadas geológicas, em separado, os geólogos preferem interrogar os físicos a deixarem-se levar simplesmente por des-

cobertas mineralógicas. Em relação aos meteoritos, durante muito tempo partimos da hipótese de que a radiação cósmica fosse constante. Hoje sabemos que assim é de facto. Expuseram-se meteoritos a uma radiação cósmica de protões, quanto possível semelhante à natural. Depois, determinou-se a relação das quantidades originadas de argónio-39 e cloro-36, e os cientistas chegaram à conclusão de que, pelo menos durante muitos milhões de anos, a intensidade da radiação cósmica, comparada à que se observa hoje, não acusa, em média, uma divergência superior a 10 %.

O princípio não é eternidade

Temos, pois, diante de nós uma escala de tempo, fundada em bases positivas, cientìficamente exactas, que através de decénios, séculos, milénios e milhões de anos, ascende às épocas mais remotas da origem da Terra e do Universo. E verificamos que não há actualmente, na crónica da Terra, nenhum trecho intransponível. Indubitàvelmente, a técnica de datar tem de ser muito ampliada e aperfeiçoada. Aos processos mais antigos associam-se métodos químicos e físicos; fortalecem-se os sistemas de trabalho que, à semelhança dos métodos do ^{14}C e do trício, empregam isótopos formados pela radiação cósmica. São adequados os seguintes:

Berílio-10	tempo de redução a metade ...	2 700 000 anos
Silício-32	» » » » » ...	710 »

Justamente o silício-32 promete resultados importantes Extraído, como é, de cogumelos, diatomáceas e radiolários, isto é, de habitantes do mar, acredita-se que contenha esclarecimentos sobre sedimentos e movimentos marítimos; também se espera obter, com o seu auxílio, resposta a outras questões concernentes aos oceanos. Mas aqui defrontamo-nos

com outro efeito fatal das experiências atómicas. Se avaliarmos a quantidade de silício-32 da radiação cósmica, acharemos que há na Terra mil setecentos e cinquenta gramas de silício-32. Numa quantidade tão pequena, o silício-32 originado por explosões atómicas pode já falsear consideràvelmente as medidas.

Mas, abstracção feita da extensão do lapso de tempo considerado e da já assombrosa ausência de lacunas com que o podemos abranger, estamos diante do facto de que esse período tem um limite no passado. Podem ser uns biliões de anos mais ou menos — disso tornaremos a tratar em capítulos seguintes — não é, em todo caso, uma grandeza infinita. *Não é desde a eternidade que existem a Terra e o Sol.*

PARTE II

Faça-se a luz. E a luz se fez

1. Moisés 1.3

O *Génesis* refere minuciosamente a criação da Terra, mas pouco diz acerca da origem do firmamento estrelado. Dir-se-ia que a única missão deste seria dispensar luz à Terra.

É a Terra, de facto, a parte essencial da criação?

Os naturalistas negam-no. Mesmo o nosso sistema solar tão vasto é apenas um ponto no Cosmo.

Ainda não conseguimos resolver muitos enigmas que a Terra nos propõe. Tanto mais complexo é o caso, porquanto há, possìvelmente, para o nosso mundo, uma antítese, um antimundo.

CAPÍTULO I

O GRANDE CARROCEL CELESTE

AS LEIS DE KEPLER — QUANTO É UM ANO-LUZ? — ATRÁS DE UMA COLUNA DO GRANDIOSO TEATRO UNIVERSAL

«QUEZILENTA, mexeriqueira e extremamente simplória», eis o retrato que chegou até nós da mãe de Johannes Kepler. O pai, descendente duma família decaída da nobreza suábia, não era melhor. Passava a maior parte do tempo combatendo como mercenário em expedições militares. Em 1574 vamos encontrá-lo na Holanda; em 1577, ao serviço da Bélgica. Finalmente, segundo consta, participou numa guerra naval dos napolitanos e ali se lhe perde o rasto. Se jamais houve exemplo de sair um génio de uma família deplorável, aqui o temos.

Três localidades de Vurtemberga — Leonberga, Magstadt e Weil der Stadt — reivindicam há muito a honra de ser a terra natal de Kepler. Este declara que nasceu a 27 de Dezembro de 1571 na velha cidade livre de Weil, primogénito de sete irmãos. Como era um tanto fraco, o pai desprezou-o desde a adolescência e obrigou-o a trabalhar como lacaio, na hospedaria que explorava temporàriamente. Foi o avô quem cuidou, enfim, da educação de Johannes Kepler, quem o estimulou a estudar. Cursando teologia em Tubingen,

Kepler descobriu o seu gosto pela astronomia. Formou-se, apesar de tudo, professor, com distinção; mas, dadas as suas tendências naturalistas e como sequaz do novo sistema universal de Copórnico, estava já em conflito com a Igreja. Removido, por isso, para a Estíria, considerada a terra do liberalismo, Kepler foi professor de matemática em Graz. Embora julgasse a astrologia um absurdo, a cada renovação do calendário anual tinha de fornecer prognósticos astrológicos. Profetizava revoltas de camponeses, guerras dos turcos, invernos frios. Alegrar-se-ia quando as suas previsões se realizavam? Fosse como fosse, granjeou fama e tinha uma clientela privada que lhe encomendava horóscopos. Graças a isso, melhorou aos poucos a sua situação económica e pôde continuar sèriamente os seus estudos de astronomia. «Mamã Astronomia passaria fome se a sua Astrologia não lhe ganhasse o pão», escreveu ele próprio a este respeito.

Eram, porém, anos tenebrosos. A repressão da liberdade de crença, a miséria doméstica e o confisco dos seus haveres induziram Johannes Kepler a fugir, antes que fosse demasiado tarde. Tycho Brahe, o famoso astrónomo da corte do imperador Rodolfo II, que já o notara, chamou-o a Praga para seu assistente. Após a morte do mestre, em 1601, Kepler tornou-se astrónomo áulico. Contudo, não poderia viver apenas desse título, e os cofres do imperador estavam vazios. Kepler recaiu em dificuldades pecuniárias. Morrera-lhe a mulher e o filho. O imperador Matias, sucessor de Rodolfo, não tinha emprego para um astrónomo. Kepler foi ensinar matemática em Linz, mas em breve, sob a pressão da Contra-Reforma, teve de abandonar até essa posição precária. Os seus escritos eram queimados pùblicamente. Para cúmulo, sua mãe foi acusada de bruxaria, presa e agrilhoada; morreu em 1619, pouco depois da sentença absolutória, pela qual o filho lutara anos a fio. Wallenstein arranjou a Kepler uma permanência de dois anos em Sagan, na Silésia. Johannes Kepler contava sessenta anos em 1630, quando partiu a

cavalo para Regensburgo, em parte com o fim de reclamar salários atrasados, no montante de doze mil florins, e também para dar uma nova pátria à sua família. Morreu ali, a 15 de Novembro, sem nada ter conseguido. E o forasteiro foi sepultado fora da cidade murada de Regensburgo.

Apontaram-se contra Kleper e o seu contemporâneo Galileu as arbitrariedades da Inquisição que já não podia alcançar o verdadeiro autor da *nova doutrina*. Nicolau Copérnico, cónego em Frauenburgo, na Prússia Ocidental, homem de vasta cultura e de grandes interesses eclesiásticos e profanos, soubera como a Igreja aceitaria a propagação duma nova e revolucionária concepção do Universo; pusera-se, pois, prudentemente a salvo. Era um carácter leal, mas amigo da paz. Não aspirava à glória, nem a criar inimizades. Guardou durante quarenta anos, inédito, o monumento intelectual que mais tarde se chamou *Sistema de Copérnico*. Só cedendo a instâncias dos amigos, entregou ao prelo a obra *Da Rotação dos Corpos Celestes*, cujo primeiro exemplar lhe chegou às mãos no dia da sua morte. Era como se previsse que a divulgação da sua concepção dum universo heliocêntrico provocaria não só surpresa, mas terror.

«Tudo isto, por mais difícil e quase incompreensível que pareça a muitos, por mais que contrarie a opinião das massas, tudo isto pretendemos, na sequência da nossa obra e com a ajuda de Deus, tornar mais claro do que o Sol. Pelo menos para aqueles que não estão familiarizados com todos os conhecimentos matemáticos.»

As *massas*, os contemporâneos não entendiam absolutamente do que Copérnico escrevera. Os próprios inquisidores mais atilados, sempre farejando heresias e inovações proibidas, não conseguiam seguir o eclesiástico, tão erudito quão diplomata. Para aplacar os protestantes, que também condenavam como escandalosa a teoria da rotação do globo terrestre, o pregador luterano Andreas Osiander, numa espécie de *prefácio do editor*, apresentara como simples hipóteses as

ideias de Copérnico, no famoso templo Lorenzkirche, em Nuremberga. Só setenta anos depois da publicação dessa obra, que marcou época, o mundo e a Igreja se compenetraram do que acontecera pròpriamente: Copérnico banira a Terra do centro do Universo e *degradara-a* à condição de corpo celeste subordinado ao sistema solar. Afastá-la do centro devia também significar afastá-la de Deus. E pensar isso era já heresia. Em 1616, o livro foi posto no *Índex*.

Em defesa de Deus Omnipotente e do seu representante na Terra, o papa teve de insistir na validade da chamada concepção geocêntrica do Universo, apresentada por Cláudio Ptolomeu de Alexandria (87-165), e à qual, em parte adivinhando, em parte sabendo, já tinham chegado os próprios filósofos gregos da era pré-cristã. A concepção do Universo dos *antigos* tinha, como ponto de partida, um profundo respeito à geometria, especialmente ao círculo. Eis o que ensina Aristóteles (384-322 a. C.): «A forma da abóbada celeste é necessàriamente esférica, por ser a esfera a configuração mais adequada. Os planetas movem-se em torno da Terra, porque o círculo é, entre as figuras, a principal. Esfera e círculo ocupam o primeiro lugar...»

Durante quinze séculos não se adquiriram novos conhecimentos. A Terra permanecia imóvel e tudo se movia em seu redor. O Homem, senhor da Terra, também estava no centro do Universo; logo, tanto quanto possível, próximo de Deus...

A teoria de Copérnico foi proscrita oficialmente; mas, com o andar do tempo, poder algum da Terra conseguiu impedir-lhe o triunfo. Exactamente cem anos após a sua publicação, o filho dum mercador de Pisa, chamado Galileu Galilei, simultâneamente matemático, físico e astrónomo, com astúcia e com o auxílio das suas boas relações, conseguiu impor a nova concepção do Universo. No prefácio ao seu livro sobre os dois sistemas, Galileu aprovou o parecer da Igreja, contrário a Copérnico; depois, no texto seguinte,

declarou, de modo geral, o oposto. Em 1632, quando pôde publicar o livro, com autorização dos próprios inquisidores de Florença, tendeu de mais o arco. O seu amigo cardeal Maffeo Barberini, que entretanto se tornara o Papa Urbano VIII, citou-o perante o tribunal da Inquisição. Mas também se lhe deve a indulgência do processo, do qual Galileu se saiu sem grande prejuízo. A 20 de Junho de 1633, o sábio retractou-se solenemente. Conta-se que, logo depois, se levantou, açodado, e exclamou, batendo o pé: «*Eppur si muove!*» * É pura lenda. Mas era essa, sem dúvida, a convicção íntima de Galileu.

As leis de Kepler

Não foi Kepler quem deu incremento à observação do céu. Nunca dispôs de meios suficientes para adquirir o material de um bom telescópio. Além disso, a varíola, que o acometera em pequeno, deixara-lhe uma visão muito precária para que pudesse dedicar-se a tal trabalho. Kepler norteava-se pelas medidas de Tycho Brahe; mas as medidas de Tycho Brahe eram excelentes. Se a obra de estreia de Kepler, ainda em Gratz, era um livro sobre formas místicas geométricas e caracteres absolutamente especulativos, em 1609, na *Astronomia Nova* isso acabou. Graças às medidas de Brahe, pôde calcular que a Terra não se move num círculo, mas numa elipse, e que a velocidade da trajectória varia durante o ano. O seu livro *Harmonici Mundi* apareceu em 1619. Continha as relações entre o tempo de rotação dos planetas e a sua distância do Sol. Com isso estavam formuladas as três famosas leis de Kepler:

1) As órbitas planetárias são elipses, nas quais o Sol ocupa um dos focos;

---

* Entretanto, ela move-se!

2) As áreas descritas pelos raios vectores são proporcionais aos tempos;

3) Os quadrados dos tempos das revoluções planetárias são proporcionais às terceiras potências ou aos cubos dos grandes eixos das órbitas.

Kepler publicou mais. Era óptimo observador e escrevia tudo o que notava. Daí resultou um *Catecismo da Óptica*, sobre a forma hexagonal dos flocos de neve, sobre o telescópio, sobre problemas matemáticos, o raio, o trovão, os cometas...

Foi Kepler, igualmente, que, em 1606, suscitou um debate sobre a verdadeira data do nascimento de Cristo. A seu ver, deveria ter ocorrido seis anos antes da data admitida até agora. Kepler opinava que a estrela de Belém fora a conjunção, extremamente rara, dos planetas Júpiter e Saturno no signo de Peixes, acontecimento que se verifica mais ou menos de duzentos e cinquenta e oito em duzentos e cinquenta e oito anos — repetir-se-á no ano 2198. Semelhante posição astral, segundo o cálculo de Kepler, verificou-se no ano 7 a. C. Podemos hoje, com diferença de um ou dois dias, marcar para aquele fenómeno a data de 4 de Dezembro do ano 7 da nossa era. Em rigor, deveríamos celebrar o Natal nesse dia. Falam também a favor dessa data o *Testamento de Augusto*, uma inscrição num templo romano em Angora, bem como escritos cuneiformes da Escola de Astrólogos de Sippar, na Babilónia.

Da boa semente lançada pelos escritos de Kepler, em si pouco notórios, é prova a reedição recente, em Berlim, da sua pequena dissertação sobre a forma hexagonal (de seis ângulos) dos flocos de neve. Foi, aliás, Kepler quem cunhou a palavra *satélite*, pròpriamente para os satélites de Júpiter.

Houve, realmente, motivo para difamar Kepler como herege? Do ponto de vista dos seus contemporâneos, nem se pergunta. Ele, porém, devia achar a acusação absolutamente ridícula. Sim, segundo o seu modo de ver, a Bíblia não tinha

razão. Seria isso motivo para duvidar da firmeza da sua fé? Acaso ele não salientara a grandeza, a ordem, a geometria da criação, com mais clareza do que tinham feito, antes dele, muitos outros?

O que mais fascinou Kepler foram os movimentos dos planetas em torno do nosso Sol. A alegria que lhe vinha da regularidade desses movimentos ajudava-o a suportar a sua sorte. Nessa regularidade se lhe evidenciavam as formas rígidas duma geometria *divina*. Era a criação que se lhe oferecia, na plenitude da sua beleza. Dir-se-ia criada de eternidade para eternidade.

Se Johannes Kepler tivesse plena consciência da verdadeira grandeza da abóbada celeste, da variedade infinita de problemas insolúveis que daí derivam para os cientistas, teria, ainda assim, força para perseverar?

Quanto é um ano-luz?

Quando queremos determinar a distância entre nós e um determinado objecto, medimos com a possível exactidão a distância entre dois pontos que podemos alcançar, a chamada linha de base. Depois, medimos em cada um desses pontos o ângulo entre o outro ponto e o nosso objecto. Como todos sabem, estas três medidas permitem averiguar a distância do objecto, traçando com esses dados, mais ou menos, um triângulo. Mas o processo falha quando a linha de base, que podemos medir, é demasiado curta relativamente à distância a determinar.

Foi o astrónomo Friedrich Wilhelm Bessel que, no ano de 1838, em Conisberga, empregou pela primeira vez a linha de base, para nós mais extensa possível, a fim de medir distâncias de astros, utilizando o diâmetro da órbita da Terra em torno do Sol. Se o agrimensor tem a faculdade de se locomover a pé, dum ponto a outro da sua linha de base,

Bessel escolheu, para *meio de transporte*, a própria Terra. Media hoje o ângulo dum astro; um semestre depois, fazia-se *transladar* pela Terra a outro ponto do Cosmo, donde media novamente o ângulo do mesmo astro.

E descobriu, na constelação do Cisne, uma estrela que se lhe afigurou aproveitável para a sua primeira medição. Resultado: Cygni-61, o nome dado pelos astrónomos àquela estrela, que dista de nós cento e três biliões de quilómetros. Uma distância inconcebível. Não será muito mais compreensível se, em vez disso, dissermos que essa estrela dista de nós seiscentos e noventa mil vezes a distância que nos separa do Sol. O físico americano G. Gamow citou um dia um exemplo intuitivo: imaginemos que o Sol seja uma abóbora; comparada ao seu volume, a Terra seria então um grão de ervilha revoluteando em torno da abóbora, à distância de setenta metros. Poderíamos também dizer que, relativamente à abóbora e ao grão de ervilha, a nossa Lua fosse uma semente de papoila. Pois, ainda assim, entre a nossa ervilha e Cygni-61, haveria a distância de quarenta e oito mil quilómetros! Associemos agora, à velocidade com que a luz se propaga, o conceito de velocidade máxima absoluta, isto é, trezentos mil quilómetros por segundo. Mais uma vez uma grandeza não intuitiva. Será claro se imaginarmos que, num segundo, o raio luminoso daria sete voltas e meia em torno da Terra; em pouco mais de um segundo estaria na Lua; em oito minutos, alcançaria o Sol. Até Cygni-61, porém, gastaria cerca de onze anos! Se Cygni-61 desaparecesse hoje numa catástrofe cósmica, só dentro de onze anos os nossos astrónomos dariam pela falta da sua luz no céu. Dizemos, pois, que a estrela dista de nós onze anos-luz (1 ano-luz = $= 10^{13}$ quilómetros).

Mais tarde descobriram-se novas possibilidades de determinar distâncias. Para Bessel e o seu tempo, o processo deste astrónomo era um artifício genial. Sobre ele, Bessel escreveu imediatamente a um colega inglês que se ocupava em catalo-

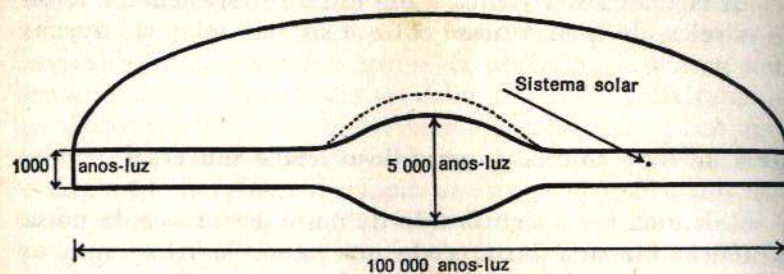
gar estrelas e a John Herschel, filho célebre de um pai ainda mais famoso: William Herschel, natural de Hanôver, músico militar que desertara durante a Guerra dos Sete Anos e se refugiara na Inglaterra, onde a princípio viveu, precàriamente, de lições de música. Não granjeou renome, ali, só por ter descoberto, na sua qualidade de astrónomo leigo, a 13 de Março de 1781, o planeta Úrano — o que já era feito notável e lhe valeu a atenção do soberano inglês e uma esposa rica. Herschel fez mais. Um telescópio de espelho, construído por ele próprio, possibilitar-lhe-ia descobertas mais importantes. William Herschel falou, em 1784, perante a Real Sociedade Científica:

«A chamada Via Láctea é um estrato sumamente extenso de estrelas, do qual o nosso Sol e o sistema solar são apenas uma parte.»

Atrás de uma coluna do grandioso teatro universal

Mais uma vez a significação da nossa Terra — e da nossa existência humana — retrocede um passo. Já não somos os habitantes dum planeta ainda relativamente respeitável, mas de uma estrela sem importância da Via Láctea — ou melhor: de uma estrela entre uns quarenta milhões de estrelas. Desalojam-nos mesmo do nosso lugar, até agora mais ou menos central. O nosso sistema solar situa-se numa formação que tem cem mil anos-luz de diâmetro, de mil a cinco mil anos-luz de espessura e que talvez apresente, vista de fora, uma forma lenticular.

Se, de acordo com os conhecimentos actuais, somos apenas participantes do movimento de uma espécie de duplo carrocel — a Terra gira em torno do seu eixo norte-sul e, ao mesmo tempo, em torno do Sol — envolvemo-nos ainda numa terceira modalidade de marcha circular. O nosso sistema solar gira, com milhares de outros sistemas solares, em

redor de um ponto central da Via Láctea. Sabemos onde se encontra esse centro de rotação: na direcção da constelação do Sagitário. Infelizmente, não o podemos ver. Estamos num mau lugar, por assim dizer, atrás de uma coluna do grande teatro cósmico; entre nós e o centro adejam nuvens escuras de material cósmico que nos impedem a vista. As velocidades de rotação do nosso supercarrocel são consideráveis. Na Terra rodamos com uma velocidade de cerca de mil seiscentos e sessenta quilómetros horários; giramos a menos de trinta quilómetros por segundo em torno do Sol; mas o nosso tempo de rotação na Via Láctea orça pelos duzentos e vinte

Esquema da Via Láctea mostrando a posição respectiva do sistema solar

e cinco quilómetros por segundo. A revolução completa exige, portanto, duzentos milhões de anos.

Se o espaço cósmico fosse vazio até à nossa Via Láctea, poderíamos ainda ter uns restos de vaidade, de orgulho de existir. Mas, por má sorte, não é bem esse o caso. Há decénios que os astrónomos observam a existência de pequenas manchas nebulosas. Pequenas, dizíamos, porque não se lhes podia avaliar exactamente a distância, facto que se modificou ràpidamente quando aumentaram as possibilidades metódicas e técnicas. Neste ponto é supérfluo descer a pormenores. Basta dizer que essas manchas nebulosas (nebulosas espirais)

são vias lácteas como a nossa. Variam na forma: algumas são maiores, muitas, menores; outras, mais espessas, outras ainda, com orlas espirais, franjadas. Calculou-se quantas galáxias ou vias lácteas existem no céu; contando exactamente as dum determinado sector do firmamento, foi possível avaliar, sem grande erro, o seu total: dentro do horizonte visível existem cerca de cem milhões de sistemas de galáxias.

A radioastronomia — assunto que trataremos adiante — forneceu, nos últimos anos, alguns resultados que permitem descrever, em termos bastante intuitivos, a nossa posição, isto é, a posição do sistema solar na Via Láctea. Distingue-se primeiro, no centro, um espaço claro, semelhante ao centro de uma girândola, com a diferença que a nossa é muito grande. Só para lhe atravessar o sector central, um raio de luz que, já o dissemos, percorre trezentos mil quilómetros por segundo, empregaria dez mil anos. Em torno do sector central enrolam-se, quase circularmente, quatro a cinco braços espirais. São frequentemente caudas flamejantes, grumosas, dilaceradas, ora próximas ora afastadas umas das outras, distanciando-se mais nas orlas. Os últimos anéis dir-se-iam esfarrapados, fendidos. *Na parte mais espessa e grumosa de uma dessas caudas de chamas, à distância de vinte e sete mil anos-luz do centro do sistema, gira o nosso sistema solar.* Há nebulosas espirais com área central mais vasta e braços espirais mais lisos e mais numerosos do que os da nossa Via Láctea. Por outro lado, sabemos também de outras, com núcleo pequeno, dotadas apenas de dois braços imóveis. A nossa Via Láctea é o meio termo entre os dois tipos. É, porém, de tipo muito difundido. Os astrónomos colocam-na na classe Sb de nebulosas espirais.

As nossas experiências sugerem uma pergunta: todos esses mundos gigantes gravitam à roda do mesmo centro de rotação, ou formam determinados grupos que vão depois, com outros, gravitar em torno doutro centro? Onde está, em suma, o fim desse supercarrocel? E qual é a grandeza do Cosmo?

A resposta arrastar-nos-ia para o domínio da especulação. Em lugar disso, preferimos apresentar mais um número. O sistema de galáxias mais próximo de nós dista da Terra um milhão e quinhentos mil anos-luz. O que lá vemos, tão longe de nós, aconteceu, portanto, há um milhão e quinhentos mil anos. E que ocorre lá actualmente? Só o saberemos após o mesmo lapso de tempo. Toda a discussão a tal respeito é, pois, ociosa.

CAPÍTULO II

UNIVERSO EXPLOSIVO

UNIVERSO DIVERGENTE — QUANDO O FILME CORRE AS AVESSAS — SOMOS TESTEMUNHAS OCULARES DA CRIAÇÃO

Por insignificante que seja a Terra na amplidão do Cosmo e ante o número colossal das nebulosas espirais, os cientistas viram-se imprevistamente diante dum resultado em consequência do qual o nosso planeta parece estar no centro dos acontecimentos cósmicos. Essa descoberta da ciência diz respeito às observações fundamentais da astronomia. As medidas e as suas significações ligam-se ao nome do americano Eduard P. Hubble.

Descendente de avós que emigraram para o Novo Mundo durante o domínio de Cromwell, filho de um advogado, Hubble nasceu em 1889, em Marshfield, no Missuri. Mudando-se a família para um subúrbio de Chicago, Hubble frequentou a universidade local. Estudava matemática e astronomia com a mesma paixão com que se dedicava ao desporto. Fala a favor do país das possibilidades ilimitadas o facto de um empresário desportivo — que o vira actuar no ringue como pugilista amador — lhe ter proposto imediatamente tomá-lo sob a sua direcção, para enfrentar o campeão mundial de peso-pesado Jack Johnson. Hubble

não quis dedicar-se à carreira desportiva. Mas, a princípio, também não era astrónomo. Interrompeu bruscamente os estudos, abandonou os seus famosos mestres Millikan e Hale e foi para a Inglaterra estudar direito. Ao regressar, abriu um escritório de advocacia em Louisville, Kentucky. Também aí, cansado de estudar leis, desistiu em breve. Muito mais o atraíam as leis da astronomia. Arranjou uma colocação no Observatório de Yerkes e, em 1916, publicou um trabalho sobre a pesquisa fotográfica das nebulosas fracas, isto é, das vias lácteas mais distantes. Passado pouco tempo, doutorava-se em Filosofia. Aparentemente, estava tudo em ordem. Mas Hubble continuava a não ser astrónomo; era outra coisa: soldado de infantaria. Os Estados Unidos tinham entrado na guerra. Hubble telegrafou ao seu mestre Hale: depois da guerra trabalharia no Observatório de Monte Wilson.

No Monte Wilson, Califórnia, dispunha-se do maior telescópio daquela época, presente da Fundação Carnegie e pago pela quantia, então fabulosa, de dez milhões de dólares. Hubble assestou o instrumento para o milhar já conhecido de nebulosas galácticas; interessava-o especialmente a nebulosa da constelação de Andrómeda, baptizada pelos astrónomos com o nome de *Messier 31*, em memória de um colega famoso. Quanto distaria de nós esse sistema estelar? Para determinar essa distância, Hubble contava com um método recém-inventado: pela variação da intensidade de luz de determinada estrela pode-se-lhe calcular a distância. Hubble fez o cálculo e obteve a distância de cerca de novecentos mil anos-luz. Observações ulteriores indicam que existe ali um mundo astral, muito semelhante em dimensões e extensão à nossa Via Láctea.

Universo divergente

A sensação pròpriamente dita estava, porém, numa estranha revelação das medidas: *todas as vias lácteas estudadas se afastam do nosso planeta!* Dispersam-se em todas as direcções, no Universo. É observação antiga que o apito duma locomotiva, correndo para nós, tenha tonalidade aguda e esta desça para o tom grave quando a locomotiva se afasta de nós. Já o maquinista percebe doutra maneira o seu sinal sibilante que, para ele, tem um som constante de tonalidade central. O mesmo ocorre, por exemplo, com o barulho do motor dum automóvel de corrida. Christian Doppler, físico de Praga, descobriu e descreveu, em 1841, a causa desse fenómeno, que se passou a denominar *efeito de Doppler*. A explicação é simples: se o carro vem para nós, as ondas sonoras são comprimidas, portanto, mais curtas; afastando-se o veículo de nós, as ondas alongam-se. Ondas sonoras curtas são, ao nosso ouvido, sons agudos; as ondas longas, sons graves. A luz também é formada por ondas. Se fosse possível disparar da Lua um foguete luminoso, com velocidade vertiginosa, em direcção à Terra, a sua luz parecer-nos-ia de um tom de cor violeta, esbranquiçado. Se o mesmo foguete, à mesma velocidade, se afastasse de nós, a sua luz seria vermelha. Na luz, as ondas curtas correspondem ao violeta, as ondas longas, ao vermelho.

Não subsistem dúvidas nas medidas de Hubble. A luz de todas as estrelas observadas tendia invariàvelmente para o vermelho. Outro facto mais decisivo: quanto mais distante está de nós a estrela da nebulosa, tanto mais se acentua a tendência para o vermelho. Havia apenas uma conclusão: quanto mais distantes estiverem as estrelas, tanto maior é a velocidade com que se afastam de nós.

O número de astros pesquisados foi aumentando, e tanto Hubble como os seus colaboradores tinham contìnuamente,

diante de si, a pergunta: serão confirmados, ou não, os cálculos e as avaliações das descobertas actuais? Bastaria uma única excepção para arrasar a nova concepção do universo expansivo e divergente. Todavia, por mais meticulosas que fossem as observações, não houve qualquer excepção. Mas, à medida que aumentava a distância da Terra, aceleravam-se enormemente as velocidades com que tudo se afastava de nós. A máxima velocidade de fuga, medida até hoje, é a de um objecto cósmico que, só a custo e com o gigantesco telescópio do Observatório de Monte Palomar, pôde ser fotografado como uma pequena mancha desbotada. Da sua tendência para o vermelho deduziu-se uma velocidade de cento e quarenta e quatro mil quilómetros por segundo, 46 % da velocidade da luz. E o mais espantoso é o cálculo da distância, que, no dizer dos astrónomos, deve orçar pelos seis milhões de anos-luz.

Os trabalhos de Hubble foram debatidos, em toda parte, por físicos e astrónomos. As consequências são tão imprevisíveis e grandiosas que, a princípio, mal se acreditam. Não será possível dar outra interpretação às medidas? Há cépticos até hoje; mas todas as opiniões contrárias não passavam de tentativas de solução, construídas mais ou menos à força e baseadas em hipóteses até agora não provadas, que talvez fossem possíveis, mas permanecem inverosímeis.

Ocupará realmente a nossa Via Láctea o *centro* do Cosmo? E o homem está, com a Terra, em lugar privilegiado? A Terra e o seu *ambiente* foram criados em primeiro lugar?

Respondem os técnicos: «Não.» Todo o Universo se dilata. Temos, de facto, a *impressão* de sermos o centro do movimento universal, no espaço infinito. Todavia, se um de nós fosse astrónomo na Terra doutra via láctea, que veria? Exactamente a mesma coisa. Tal astrónomo julgaria também que o seu astro era o centro e que tudo partia dele.

Chegamos a um ponto em que, para compreendermos toda a questão, seriam necessárias as subtilezas da matemática

superior. Mas, para dar uma ideia — se bem que imperfeita — do processo, supôs-se um modelo intuitivo. Imaginemos um balão de brinquedo pouco cheio; marquemos nele, a tinta, um grupo de uns dez pontos; escolhamos um destes e suponhamos que seja a nossa Via Láctea. Que acontecerá, se começarmos a soprar o balão? Todos os demais pontos se afastarão da nossa Via Láctea.

De qualquer dos outros pontos que escolhamos para nossa Via Láctea, a dilatação do *nosso universo* fará divergir de tal ponto todos os outros.

Este exemplo merece ser gravado na memória, como uma demonstração matemática.

Quando o filme corre às avessas

É natural que os astrónomos se deixem fascinar pelo espectáculo de um universo divergente. Como sabem qual é o ritmo dessa dilatação, podem dizer, por exemplo, o aspecto que ela assumirá dentro de um milhão de anos. Muito mais interessante é, porém, a questão do aspecto que o Universo apresentava há milhões de anos — naturalmente com a prévia e tácita suposição de que as leis derivadas das medidas são *eternas* e não sujeitas a alterações que, se existem, desconhecemos, visto que as estudamos há poucos decénios.

Se nos ocupássemos com tal problema, verificaríamos forçosamente que, então, as distâncias entre nós e os outros mundos galácticos eram menores. Também deviam ser mais moderadas as suas velocidades. Se recuarmos aos longes do passado verificaremos que houve, sem dúvida, um tempo em que as galáxias estavam muito próximas umas das outras. É como um filme passando às avessas diante dos nossos olhos. Os físicos calcularam as relações. O resultado é desconcertante. Há seis mil milhões de anos, o Universo devia ser

um só ponto de matéria. Mas um tal número pode coincidir, talvez, com a idade da Terra, dos meteoritos e, provàvelmente, com as idades doutros astros, nos limites das possibilidades de erro. Logo o Universo tem uma idade!

Não é possível, naturalmente, comprovarmos com experiências o nosso retrocesso no tempo; mas as coisas combinam-se tão satisfatòriamente e o quadro que elas formam é tão lógico que não podemos senão aceitá-lo como possível.

Houve, mais tarde, uma confirmação. Antigos escritos chineses referem que no ano 1054 da nossa era flamejou no céu uma nova e luminosa estrela. Em 1572, Ticho Brahe observou um fenómeno análogo, e em 1604, Kepler também viu surgir um novo astro. As novas estrelas flamejam; ao termo de meses escurecem e, gradualmente, a sua luz vai perdendo a intensidade. Dispomos já de uma longa série de observações correspondentes. Só em Julho de 1959, o Observatório do Monte Palomar comunicou que um dos milhões de sóis de nebulosa espiral NGC 7331, de uma hora para outra, centuplicou, talvez, a sua luz. Houve ali explosões de estrelas? Julgou-se durante muito tempo que assim fosse. Pelo menos, nem sempre se trata simplesmente duma explosão estelar. É precisamente o contrário: nascem lá novas estrelas, pela conglobação de matéria cósmica. Numerosas estrelas são muito mais jovens do que o nosso globo. Muitos dos astros que hoje nos são familiares não devem ser mais antigos que os mais remotos antepassados do Homem.

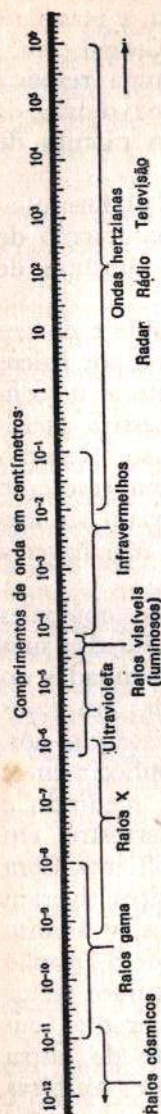
Somos testemunhas oculares da criação

É muito difícil avaliar o número e a grandeza das novas estrelas. Tentou-o, no entanto, o físico Pascual Jordan. Ciente, em larga escala, de quanta matéria nova se aglutinava nas regiões siderais, este cientista pôde fazer correr às avessas o *filme da criação*, mesmo em vista do material em estudo.

Recuando milhões e biliões de anos, examinou a massa de toda a matéria astral. Qual era a grandeza do Cosmo com a idade de dez segundos? Pascual Jordan deu uma resposta exacta: quase do tamanho do Sol. Qual era o volume da massa de material nesse universo? Segundo o cálculo de Jordan, menor do que a massa da nossa Lua.

Talvez pareça arrogância, mas Pascual Jordan formulou ainda um quesito: como seria o Universo, uma fracção de segundo após a sua criação? E descobriu que constava de duas partículas elementares, dois neutrões.

Hoje, as medidas e as interpretações de Hubble e do seu grupo de trabalho são discutidas, em toda a parte, por físicos e astrónomos. Os cientistas são cépticos, e sobretudo desconfiados, quando tudo parece ajustar-se com excessiva facilidade, como no caso desta concepção do Universo. Naturalmente, as medidas de Hubble repetiram-se com resultado idêntico. Tudo combinava e muitas coisas poderiam ser melhoradas, relacionadas lògicamente... Contudo, não haveria algures outra e melhor interpretação?

Consequentemente, têm surgido de contínuo objecções para a explicação dada por Hubble aos resultados das suas medições. Alega-se que, se não são totalmente apanhadas no ar, essas medidas apoiam-se e são experimentadas em bases muito vagas. A motivação mais profunda consiste em nós, os habitantes da Terra, adquirirmos os nossos conhecimentos de física na Terra. Tudo quanto pesquisamos, medindo e pesando tècnicamente, se passa na atmosfera terrestre, em temperaturas médias, no campo de gravitação da Terra. Com recursos técnicos genialmente imaginados, os físicos tiveram o dom de ampliar, em alguns milhares de graus, o âmbito das medições, e tornar cerca de cem vezes maior a pressão atmosférica. Em resumo, porém, experimentamos num sector estreito de possibilidades e não devemos esquecer que, em princípio, não podemos excluir a possibilidade de outra física, outra química e outra técnica, sob condições cósmicas

diferentes. Até agora não existe, em verdade, nenhuma causa para receios do género, mas quem negará semelhante hipótese? Desde que não é proibido pensar nisso, é óbvio que podemos formar certas noções sobre o espaço, o espaço cósmico. Já medimos nele muitas coisas; apesar disso, não experimentámos activamente, não empreendemos experiências visando as respostas definidas. Cumpre confessar que, na própria era dos foguetões, o espaço é *para nós o grande desconhecido*. O que se sabe ao certo sobre ele é que não é vazio, regurgita de matéria, de astros e é, além disso, sulcado de forças de atracção de natureza electromagnética. Que acontece à luz das estrelas no seu percurso imenso até ao nosso globo? Não sofrerá alterações, nessa trajectória de séculos, ou melhor, de milhões de anos?

Sob este aspecto, o Cosmo permite quaisquer suposições e, portanto, interpretações diferentes das descobertas de Hubble. Como se hão-de medir as alterações sofridas por um raio luminoso no seu percurso até a Terra? Sim, que grau de exactidão teriam essas medidas? A medida de comprimento mais exacta, de que dispomos, são os próprios raios luminosos! A nossa unidade de medida, definida durante decénios como a distâncias entre duas marcações num padrão de metal nobre, define-se, actualmente, deste modo: 1 650 763,73 comprimentos de ondas luminosas da chamada lâmpada de crípton!

As marcações do nosso metro-padrão eram separadas por um afastamento maior

do que o comprimento do metro. É admissível que se queiram medir variações da luz, se o medidor é a própria luz? Não tardou, porém, a resposta a esta pergunta.

Foi o jovem cientista alemão dr. Rudolf L. Mossbauer, Prémio Nobel de Física do ano de 1961, quem lançou as bases dum novo método que permite medidas de extrema exactidão, a ponto, por exemplo, de verificar se a atracção das massas e a força da gravitação influenciam a luz no seu percurso. Tais medidas não seriam possíveis com a luz natural. O *efeito de Mossbauer* opera-se no âmbito da radiação Y do núcleo atómico. A radiação Y não é senão uma espécie de luz de ondas extremamente curtas; pertence ao espectro de oscilações electromagnéticas, que vão das ondas longas da radioemissão às altas radiações cósmicas. Numa distância relativamente pequena, no laboratório, essa luz-radiação foi tão modificada pela atracção da Terra que a alteração se registou nìtidamente.

Não é de estranhar que aparecesse logo uma infinidade de obras sobre a interpretação do *cansaço* ou *envelhecimento* da luz no campo da gravitação dos astros, embora Albert Einstein já houvesse deduzido, teòricamente, que a luz poderia sofrer essa influência. Esperava-se, de tentativas anteriores, uma confirmação dessa hipótese. Como é habitual em tais casos de progresso improvisado da ciência, surgiram quesitos fundamentais: se admitirmos que a luz e a gravitação se entrelaçam, que leis regem essa relação? Se a luz é influenciada no Cosmo, se a energia radiante esmorece, onde fica essa energia? Existe uma relação entre a radiação e a origem da matéria? Acaso a criação se iniciou com um campo de radiação? Esta série de questões poderia estender-se bem à vontade. Recentemente, um cientista soviético defendeu intensamente estas teses extremas:

1) A tendência para o vermelho, no campo terrestre e nas distâncias cósmicas (como a mediu Hubble), tem, nos dois

casos, a mesma causa — isto é, o efeito do campo gravitacional sobre os fotões (unidades elementares da luz);

2) Não há divergência do universo.

Ora, antes disto, restaria explicar mais algumas descobertas; e não há-de ser tão fácil. Por outro lado, é bem possível que o universo divergente de Hubble sofra modificações. Nos últimos anos evidenciou-se, aliás, de modo geral, que os resultados antigos só precisam de revisão e são um caso especial para a elaboração das leis actuais, mais exactas e de âmbito mais amplo. Assim há-de ser também no caso em questão.

A pergunta já formulada neste livro *Quando foi criado o Universo?* é popular, mas, conforme os conhecimentos científicos, mal formulada. Deveria ser: *Quando começou a criação?* Evidentemente, ela ainda não terminou. Assistimos ao aparecimento de estrelas novas, ou melhor, de novos universos. Que significa para a eternidade que isso se prolongue pelo espaço de milhões de anos. Ignoramos se e quando o acto da criação terá fim. É provável que, um dia, a dilatação do universo atinja o apogeu e então se mantenha nessa forma. Mas também pode suceder que aí principie a morte do universo, que sobrevenha uma contracção e o Cosmo comece a restringir-se. Talvez reverta ao nada.

É-nos vedado desvendar o futuro. Em compensação, somos espectadores de uma criação muito mais grandiosa do que a que nos descreveu a Bíblia.

Teve razão a Bíblia descrevendo a criação *de um só* universo? Não foram, porventura, criados vários cosmos? Mesmo os maiores telescópicos astronómicos não nos dão indício da existência doutros mundos. Porém, durante os dois últimos decénios desenvolveu-se um processo que, embora não esteja tècnicamente bem amadurecido, forneceu os primeiros indícios da existência doutros universos: a *radioastronomia*.

CAPÍTULO III

ENXERGAR ONDE NÃO HÁ LUZ

COMUNICADO DO EMISSOR JÚPITER — UM «DIA DE VÉNUS» = DEZ DIAS DA TERRA — METAIS CÓSMICOS

DESDE os tempos mais remotos, há milénios, os homens admiram no céu nocturno os astros cintilantes, em sua aparência infinitamente numerosos. Contudo, quem tentasse sèriamente contar, de segundo em segundo, duas estrelas visíveis a olho nu, contá-las-ia todas numa hora. Mas o telescópio gigante do Observatório de Monte Wilson, na Califórnia, tornou visíveis ao observador quinhentos milhões de estrelas, cuja contagem exigiria cerca de trinta e dois anos, trabalhando dia e noite.

Foi o médico e astrónomo de Bremen Heinrich Olbers (1758-1840) que, à vista do firmamento estrelado, pensou pela primeira vez uma coisa muito diferente: por que motivo esse céu bordado de estrelas parece negro? Se as estrelas fossem distribuídas regularmente, deveria, pelo contrário, assemelhar-se a um disco luminoso. Onde quer que fosse, nas profundezas do espaço cósmico, o olhar deveria sempre encontrar uma estrela, Por que razão o céu é escuro, mesmo para o telescópio? É que, além de haver estrelas escuras, existem extensões de poeira cósmica que estorvam a vista. Além

disso, as estrelas não estão distribuídas *regularmente*, mas conglomeradas em galáxias. Mas o que é que existe onde o céu é escuro? Dir-se-ia que a pergunta não merece resposta, porque, onde não há luz, nada há para ver. Entretanto, começamos hoje a apercebermo-nos de outro universo além do visível.

No ano de 1928 ocorreu uma descoberta singular. A sociedade americana Bell Systems possui uma rede radiotelefónica transatlântica. Infelizmente, porém, essa instalação era defeituosa, perturbada por toda a espécie de ruídos. Para averiguar a causa de tais interferências, a companhia incumbiu um jovem físico de pesquisar cientìficamente a deficiência. O cientista, de vinte e três anos, Karl Jansky, construiu em primeiro lugar uma antena com catorze metros e seis centímetros de comprimento, proveu-a de rodas e fê-la girar num círculo de ladrilhos. Depois, anotou por escrito as suas descobertas. O seu relatório alude a perturbações técnicas no aparelho, à influência de trovoadas e outras causas. Mas descobriu também coisas radicalmente novas: «... ondas electromagnéticas, na atmosfera terrestre, que vinham, evidentemente, duma direcção fixa do Cosmo», concorrem para as perturbações. Da Via Láctea chega-nos, notòriamente, uma emissão de radiondas. Os comprimentos de ondas da emissora oscilam entre centímetros e alguns metros. Energias do Cosmo perturbam as nossas emissões radiofónicas! Acaso, desejam seres extraterrestres comunicar connosco? Os cientistas são gente positiva; tomaram mais algumas medidas e não tardaram a descobrir certas regiões donde partia a radiação perturbadora. Durante o primeiro pós-guerra, provou-se que o nosso Sol também emite radiondas. Um emissor também particularmente poderoso é o planeta Júpiter, nosso vizinho. Grande parte da radiação deriva, no entanto, das nuvens de gás existentes entre as estrelas.

Comunicado do emissor de Júpiter

Eis soada a hora inicial da radioastronomia. Os telescópios dos radioastrónomos — instalações de antenas superdimensionais — estarão em breve muito aperfeiçoados. Há hoje antenas circulares, em forma de concha, dirigíveis, e de enorme espessura. Actualmente, o maior dos radiotelescópios é o de Jodrell Bank, em Manchester (Inglaterra). Este radiogoniómetro astral tem um espelho de antena com setenta e seis metros de diâmetro, montado em duas torres de aço de cinquenta e cinco metros de altura. Não são necessários mais de cinco minutos para mudar a direcção do espelho. Há um radiotelescópio alemão, perto de Bona, com uma antena de alumínio de vinte e cinco metros de diâmetro.

Nos Estados Unidos também existe um radiotelescópio superdimensional, de custo avaliado em setenta e nove milhões de dólares, e um espelho de antena com cento e oitenta e três metros de diâmetro. Além destes, há radiotelescópios de armação fixa que medem centenas de metros de comprimento. A direcção destes aparelhos no Cosmo fica entregue à rotação da Terra. Um destes instrumentos, instalado em Sydney, Austrália, tem duzentos metros de comprimento. Permite, ainda assim, marcar a posição de objectos relativamente diminutos, como uma mancha solar. Os astrónomos australianos, que se dedicam especialmente à radioastronomia, dispõem de outro aparelho ao qual são adaptadas duas antenas laterais, separadas por uma distância de nove metros.

O aparelho de radioastronomia mais famoso foi, provàvelmente, o antigo *funkmess* (radar) da Wehrmacht, na Holanda. Era do tipo Wurzburg-Riese e utilizado para comunicações com bombardeiros distantes. Em Kootwijk, mais tarde, J. H. Oorte e os seus colaboradores adaptaram-no ao estudo da distribuição das massas no sistema de galáxias.

Qual é a causa da radiação? Nela tem parte essencial o

hidrogénio existente no Cosmo, gás de importância decisiva também na formação das novas estrelas. O comprimento de ondas das suas emissões oscila pelos vinte e um centímetros.

Averiguou-se que são postos emissores, sobretudo os pontos onde, um dia, flamejou uma nova estrela, a *Nova*. O astro que em 1054 cintilou a ponto de ser visto de dia, ao lado do Sol, desagregou-se numa nuvem de gás que irradia radiondas. E a nuvem gasosa dispersa-se com a velocidade enorme de mil e cem quilómetros por segundo. Na constelação de Cassiopeia, o W celeste, descobriu-se primeiro o posto radioemissor; depois, òpticamente, um objecto nebuloso, ténue, de aparência fibrosa. Talvez sejam os restos de uma Nova, do ano 369 a. C. No mesmo ponto onde Tycho Brahe viu brilhar a Nova de 1572, há igualmente uma fonte fraca de radiação. Também se captaram radiondas da constelação de Cisne. Observando atentamente esses pontos com telescópios ópticos verificou-se que ali colidiram justamente dois sistemas de galáxias. Talvez o ruído cósmico desse choque seja a radiação observada.

Pesquisando meticulosamente a radiação de Júpiter, descobrem-se coisas curiosas: a radiação deste planeta não é absolutamente uniforme; registam-se nele, pelo contrário, erupções periódicas isoladas, que ora duram poucos segundos, ora podem prolongar-se pelo espaço de uma hora. A potência de tais radiações excede todas as demais fontes cósmicas de radiação conhecidas, chegando por vezes a ser duzentas vezes superior. Medidas exactas indicam, finalmente, que Júpiter dispõe, pelo menos, de três emissores, donde parte a sua radiação, cuja regularidade sugere a hipótese de estar o emissor de Júpiter na superfície do planeta e não na dependência das nuvens gasosas que o rodeiam. Resta averiguar se este facto nos proporciona a possibilidade de calcular exactamente o que até agora se tem desconhecido: o tempo de rotação do planeta, um *dia de Júpiter*. Mas cumpre esclarecer primeiro a causa dessas emissões periódicas.

Dadas as violentas variações da radiação de Júpiter, surgiu a desconfiança de que elas sejam provocadas por descargas eléctricas de poder descomunal. Todavia, actualmente prevalece a opinião de que a radiação de Júpiter dependa das erupções solares. Também é possível que, à semelhança da Terra, esse planeta esteja cercado de uma ou mais faixas de radiação (cintura de Van Allen) e que elas exerçam uma influência decisiva.

Um dia de Vénus=dez dias da Terra

Uma das controvérsias dos astrónomos visava esclarecer se a nossa Via Láctea se move como uma girândola, isto é, se os braços dessa nebulosa espiral ficam fronteiros ao centro, ou se o seu movimento não será justamente o inverso. A radioastronomia esclareceu: a rotação assemelha-se à de uma girândola de São Silvestre. A imagem mais simples é, mais uma vez, a que melhor esclarece o facto. Na periferia da nossa Via Láctea fixaram-se dois braços espirais que giram com a velocidade de duzentos quilómetros por segundo.

A radioastronomia revelou-se recurso importante, justamente para a pesquisa dos sectores até agora obscuros, de certo modo vazios de estrelas, do firmamento. Nós, porém, não nos limitamos a receber radiondas do Cosmo. Já durante a Segunda Guerra Mundial enviámos à Lua, com aparelhos de radar, séries de ondas electromagnéticas. O aparelho emite durante uma breve fracção de segundo, e é desligado logo após a recepção. No intervalo, a faixa de ondas atinge a Lua e é reflectida e captada pela antena do radar. O processo é o conhecido fenómeno do eco. Apenas o som tem no ar a velocidade de trezentos e trinta metros por segundo, ao passo que o nosso rádio-sinal percorre, num segundo, trezentos mil quilómetros. Ainda assim, a diferença de tempo entre a emis-

são e a recepção permite averiguar a distância entre o emissor e o reflector. O processo opera com uma exactidão inconcebível. Suponhamos que um avião esteja a quinze quilómetros de distância; a série de ondas emitidas percorre trinta quilómetros e gasta nesse percurso um décimo-milésimo de segundo. Como se sabe, podem ser usados na experiência aparelhos aéreos mais próximos, obtendo medidas exactas, com aproximação de poucos metros.

Entretanto, além de se reavaliar dessa maneira a distância da Terra à Lua, também se aplicou o goniómetro a Vénus. O primeiro radiocontacto com este planeta ocorreu a 10 de Fevereiro de 1958. Nesse dia, Vénus distava de nós quarenta e cinco milhões de quilómetros. Tempo de ida e volta de ondas: cinco minutos. Naturalmente, não se irradiou para Vénus uma composição musical mas uma simples sequência de impulsos. Surgiu, então, a dificuldade de reencontrá-los entre os múltiplos ruídos concomitantes de perturbações terrestres. A energia susceptível de se reflectir na Terra, com Vénus àquela distância, já era insignificante. Que havia de apanhar a antena, embora fosse tão grande? Entretanto, a experiência surtiu êxito. Repetiu-se a tentativa dois dias depois; como entre a Terra e Vénus a distância aumentara de um milhão e cem mil quilómetros, o retorno dos impulsos efectuou-se com um atraso de sete segundos e meio.

Mas tornou-se possível mais do que isto. Radiomensagens soviéticas autorizam-nos a concluir que Vénus realiza uma rotação em torno do seu eixo, num tempo equivalente a dez dias terrestres. Logo, um dia de Vénus dura 250 horas. Ao mesmo tempo, essas medidas permitiram fixar exactamente as distâncias no âmbito do sistema solar. Consequentemente, estabeleceu-se para a distância Sol-Terra um valor de cento e quarenta e nove milhões quatrocentos e cinquenta e sete mil quilómetros — com uma possibilidade de erro não superior a cinco mil quilómetros.

Depois que, em 1951, conseguimos irradiar noticiários para a Lua e captar a mil e duzentos quilómetros de distância o retorno da irradiação emitida, pensa-se utilizar meteoritos cadentes nas radiocomunicações. Mas, para tal, torna-se necessário um aparelho complicado. Em primeiro lugar, acumula-se a informação a ser transmitida. Outro aparelho espreita o aparecimento dos meteoritos. Logo que se registar um eco, a notícia é emitida. Isto tem de ser feito no espaço de um segundo; num lapso maior de tempo o meteorito pode não transmitir um indício sequer. A notícia é captada novamente na estação receptora. Nas regiões setentrionais do Canadá, onde a emissão de ondas curtas é, com frequência, perturbada pelas condições atmosféricas, este processo tem sido perfeitamente aproveitável.

Metais cósmicos

A radioastronomia é uma ciência de data recente. Esperemos que se lhe possam aperfeiçoar os métodos e as antenas, a fim de que não se tornem cada vez maiores e mais dispendiosas. Comparada com a astronomia óptica e os seus telescópios, tem, entre outras, a vantagem de nos fornecer informações sobre as regiões distantes cuja energia luminosa nos alcança, atenuada embora, a ponto de frustrar todos os artifícios destinados a registá-la astronòmicamente. Contudo, a essa vantagem ainda se contrapõe hoje o defeito de não ser claramente delimitada a faixa de ondas em que ela opera. Podemos decompor com muita exactidão, pela análise espectral, a luz das estrelas. Assim foi possível a comprovação nítida e exacta do efeito de Doppler, conforme Hubble o descobriu. Na radioastronomia temos à disposição, para o mesmo fim, apenas a linha de vinte e um centímetros do hidrogénio, que é relativamente muito menor, razão por que as medidas de objectos muito afastados apresentam larga

margem de erros. É muito mais difícil situar as ondas que nos alcançam do que o seria com a astronomia óptica. Com o intuito de minorar, quanto possível, esta dificuldade, tem-se utilizado a órbita da Lua, que na sua trajectória neutraliza uma parte da radiação. Se observarmos, com radiotelescópios, a sua orla posterior, distinguiremos uma fonte de radiação do Cosmo, justamente no instante exacto em que os seus raios se desprendem da Lua.

Ainda sob outro aspecto, a radioastronomia é, por ora, inferior à astronomia óptica. Da luz espectral dos astros deduz-se, sem possibilidade de dúvida, quais os elementos químicos que neles existem, em geral os mesmos que são comuns na Terra. Talvez se operem, nas profundezas do Cosmo, reacções desconhecidas no globo terrestre. Por mais atraente que seja o argumento, abeirarmo-nos aqui, minuciosamente, da vida química peculiar dos astros, levar-nos-ia muito longe, quer dos *gigantes rubros*, constelações enormes, de densidade extremamente ténue, quer dos *pigmeus brancos*, constelações relativamente pequenas, de alta temperatura. Os gigantes rubros contêm, habitualmente, quantidades elevadas de conhecidos elementos químicos pesados. Alguns gigantes rubros acusam também a linha espectral do elemento *tecnécio*. Este é, como já o diz o seu nome, um elemento artificial, conseguido ùltimamente, em doses de poucos gramas, nas transformações nucleares. Pode formar-se na Terra, em quantidades mínimas que, por sua vez, se desintegram, segundo medidas cósmicas, com tamanha rapidez que não podemos afagar a esperança de comprová-las. O declínio da luz de uma Nova recente, após a *explosão*, indica, por outro lado, em muitos casos, uma evolução própria para confirmar a hipótese de que ali se desintegra o elemento químico *califórnio* (um isótopo, com um prazo de cinquenta e cinco dias para redução a metade). O califórnio também não existe na Terra; pertence aos chamados *transurânios*. Só graças aos mais modernos recursos físico-nucleares conseguimos dele acumular, até agora, quantidades mínimas.

A antiga hipótese de ocorrerem nos astros reacções químico-nucleares, geradoras de fontes enormes de energia, positivou-se primeiramente no Sol. Em razão de fenómenos análogos aos que se processam numa bomba de hidrogénio, quatro átomos deste gás fundiram-se ali, com enorme produção de energia, num átomo de hélio.

Em 1938 foi possível aclarar os pormenores e os graus intermediários do curso dessa reacção. Dos cálculos resultou a conclusão tranquilizadora de que, até agora, o Sol consumiu apenas 8 % do seu teor em hidrogénio. Ainda está longe a *morte fria* da vida terrestre. Por outro lado — já que haurimos plenamente a nossa vida da energia solar —, é sensação assombrosa compenetrarmo-nos de que sempre vivemos indirectamente da *energia atómica*.

Resumindo as nossas experiências até esta data, temos:

O Universo contém matéria de estrutura correspondente à da matéria que nós conhecemos na Terra.

Mas como se constituiu essa matéria no acto da criação?

CAPÍTULO IV

MATÉRIA-PRIMA PARA UM UNIVERSO

BIKINI, A BOMBA DE HIDROGÉNIO E O SOL — A FORMAÇÃO DOS ELEMENTOS — MASSA E GRAVITAÇÃO

Em Julho de 1946, realizava-se em Mosbach, Baden, uma reunião de físicos alemães. Não era um congresso brilhante; era apenas um exame dos destroços que haviam sobrevivido à guerra e ao primeiro período do pós-guerra. Para isso, bastava a garrida cidadezinha medieval. Não se tinha a menor ideia do que seria o futuro. Muitos sectores científicos eram terra proibida; muitos colegas estavam mortos, desterrados, desaparecidos, sem ocupação, sem recursos. Teria ainda algum sentido a pesquisa científica? A 1 de Julho, caíra em Bikini a primeira bomba atómica do pós-guerra. Continuava febrilmente o afã de criar novas armas mortíferas para o extermínio em massa. Para 25 de Julho estava marcada a primeira grande explosão submarina no atol de Bikini.

Entre os físicos de Mosbach encontrava-se Pascual Jordan. Discutia animadamente com os colegas as experiências americanas. Na manhã seguinte ir-se-ia embora, como a maioria dos outros participantes da reunião. No dia 24 de Julho,

porém, um destes encontrou Pascual Jordan deitado sossegadamente na relva.

— Então, senhor Jordan? Ainda aqui? Não lhe apetece viajar?

— Sabe — respondeu Jordan —, pensei um pouco e disse comigo: vou esperar até amanhã. Amanhã é o teste submarino. Quem sabe se o colega Bethe, nos Estados Unidos, com um pequeno erro de cálculo não vai espatifar o mundo inteiro... Perante tal perspectiva, achei que não valia a pena empreender uma viagem tão fatigante.

Bikini, a bomba de hidrogénio e o Sol

Era esta, de facto, a preocupação de muitos físicos: que acontecerá se uma bomba atómica explodir debaixo de água? Desencadeará nos oceanos uma reacção nuclear? Arrasará a Terra? Cada molécula de água contém dois átomos de hidrogénio. Poderá o hidrogénio fundir-se e gerar hélio? Poderá uma bomba atómica tornar-se uma bomba de hidrogénio tão descomunal?

Sabemos hoje que isso não é possível. Só mais tarde, porém, se evidenciou o grau de ignorância dos próprios Estados Unidos a tal respeito. Não se tencionava, absolutamente, sacrificar a essa experiência a esquadra-alvo de Bikini, da qual faziam parte, além de duzentas unidades menores, ainda em condições de navegar, os vasos de guerra «Nevada» (E. U.), «Nagato» (Japão), o cruzador pesado alemão «Prinz Eugen» e o famoso porta-aviões americano «Saratoga». O que não se afundou, após a explosão, ficou tão contaminado de radioactividade que teve de permanecer quase dez anos em Bikini antes de ser desmantelado. Com isto ninguém contava.

Sabemos que na explosão de uma bomba de hidrogénio e no Sol ocorrem fenómenos semelhantes. Devemos a Carl

Friedrich von Weizsäcker e a Hans Bethe — o cientista a que aludia Pascual Jordan — a explicação do processo fundamental, origem desses fenómenos. Bethe, filho dum conhecido fisiologista alemão, emigrou em 1933 para os Estados Unidos, onde as suas convicções morais o induziram a tomar posição entre os que se opunham ao desenvolvimento da bomba de hidrogénio; tal atitude granjeou-lhe simpatias e antipatias inequívocas.

O que se passa no Sol é a consequência sumamente complexa de seis compassos de reacção. Sumàriamente, consiste na absorção quádrupla de núcleos de hidrogénio num ciclo de reacções e a sua amálgama em hélio. Liberta-se, assim, energia suficiente para conservar o calor do Sol, nele próprio ou nas zonas de reacção, em cerca de vinte milhões de graus centígrados. Exercem aí certas funções *catalíticas* núcleos dos elementos carbono, azoto e oxigénio que, em sentido figurado, servem de correia sem fim para a montagem do átomo de hélio.

Bethe pôde demonstrar que o material concreto astrofísico existente confirma as várias fases desse processo. Ainda que no curso do ano sejam necessárias certas correcções, isto não muda a concepção fundamental. Podemos, sem receio de cometer grave erro, atribuir a outras estrelas luminosas o fenómeno que se desenvolve no Sol. O facto de alguns astros continuarem a brilhar intensamente explica-se sem dificuldade, porquanto a reacção se esgota nestes mais depressa, pois a massa das estrelas é, em regra, maior do que a do nosso Sol.

Mas donde vêm os materiais necessários, no Sol, para a fusão do hidrogénio? Como chegaram outros astros ao tecnécio ou ao califórnio? Pascual Jordan admite uma criação universal baseada em duas partículas elementares. Embora se lhes acrescentem cargas eléctricas positivas e negativas que possam ter gerado hidrogénio, donde deriva, por exemplo, o ferro que revoluteia no Cosmo, em forma de meteoros?

A formação dos elementos

Como se formaram os elementos químicos?

A resposta mais simples seria replicar: «Como haviam de formar-se? Criou-os o Senhor!»

Semelhante explicação, que encerraria o debate, não faria porém justiça nem ao carácter nem à grandeza da criação. Tomemos, pois, essa declaração como base de discussão, e levemo-la tão longe quanto possível, partindo do que observamos na Terra. De acordo com isto, os elementos pesados, como o urânio e o rádio, desintegram-se em partículas. Devemos admitir que, no acto da criação, se hajam formado primeiro os elementos pesados? Talvez mesmo um elemento superpesado como o califórnio? Tem-se pensado muito nisto. Se considerarmos que há cinco biliões de anos toda a substância se concentrava, em estado de densidade extrema, numa espécie de ovo primitivo, cumpre admitir certas coisas como explicadas.

Esta sequência de ideias não se presta, sobretudo, para esclarecer e estimular. Embora estabeleçamos, como ponto de partida, um torrão de matéria primitiva mal definido — uma base inicial, propositadamente vaga, a fim de evitar o conceito dos elementos —, ainda subsiste uma dificuldade: esse punhado de matéria já fora antes *meio* torrão e só depois começou a desintegrar-se. Resumindo: não é espectáculo agradável ver desagregar-se em partículas características uma coisa que antes não passava de *certa matéria untuosa*. Pelo menos, um físico assim se referiria oportunamente a tal matéria primitiva.

É, sem dúvida, mais compreensível partir de duas pedras originais que, depois, em estádios mais adiantados se justapõem em unidades de organização superior. A hipótese de Pascual Jordan não só assenta num raciocínio lógico, mate-

màticamente fundado, como corresponde melhor ao conceito comum de partir do simples para o complexo.

Consideremos, pois, a possibilidade de uma formação dos elementos partindo de baixo. Formaram-se provàvelmente neutrões imponderáveis, parte dos quais, tornando-se núcleos de hidrogénio, constituíram núcleos de novos elementos superiores. Por último, originaram-se os elementos de núcleos maiores, mais pesados e compostos. Se nos ativermos a esta ideia, explicar-se-á fàcilmente a descoberta de que *diminui* a frequência dos elementos de peso atómico crescente. Destes, tiveram a princípio a primazia os de peso atómico divisível por quatro. Suponhamos, neste caso, que o hélio, de massa 4 — tal como o conhecemos, pobre de energia, na bomba atómica e no Sol —, portanto, produto preferencial, seja a pedra angular. Se, como sabemos, a criação não terminou, ainda hoje deveríamos observar tais processos. Detenhamo-nos por isso em algumas particularidades da vida privada das estrelas. A palavra *vida* é perfeitamente aceitável tratando-se de estrelas.

Logo que esteja aglomerada, a matéria astral começa imediatamente a redemoinhar ou a ser conglomerada em forma esférica, pela gravitação. Queima, assim, o hidrogénio e gera-se o hélio (massa 4). Consumida uma parte considerável da massa gasosa original, opera-se uma contracção e, a uma temperatura talvez decuplicada, cerca de cem milhões de graus centígrados, passando por um grau intermediário, o berílio (massa 8), produz-se o carbono (massa 12). Como o indicam os algarismos nos parênteses, estamos na idade dos astros, em que o elemento preferencial aparece com massas divisíveis por quatro. Em tais processos libertam-se adicionalmente neutrões (massa 1), que fazem com que os elementos com massa de número ímpar subam a valores elevados.

Só agora podemos compreender muitos desses processos. No entanto descobriram-se, sem necessidade de hipóteses, as reacções de formação de elementos, em primeiro lugar aque-

las de que se origina o ferro. Também pode ocorrer, em determinada época da vida de um astro, a formação de elementos em que se inclua o urânio; neste caso, haveria a probabilidade de se produzir uma quantidade relativamente considerável do elemento califórnio, o que corresponderia às nossas observações. O aparecimento de novas e supernovas completa o quadro; elas não são, definitivamente, excepções inexplicáveis.

Para concluir, citemos o que sabemos sobre as estrelas que já consumiram a energia de que dispunham. Apagadas e mortas, repousam no Cosmo.

Massa e gravitação

Embora disponhamos, desta forma, de numerosas concepções baseadas em avaliações quantitativas, resta, no entanto, a questão: donde vieram as duas primeiras partículas originais? E estoutra, que evidencia um estado de coisas pelo menos igualmente insatisfatório: se primeiramente só foram criadas essas duas partículas destinadas a ser o princípio de uma criação ainda em curso, como se processou depois a expansão do Universo e porque se produz ainda, incessantemente, novo material estelar?

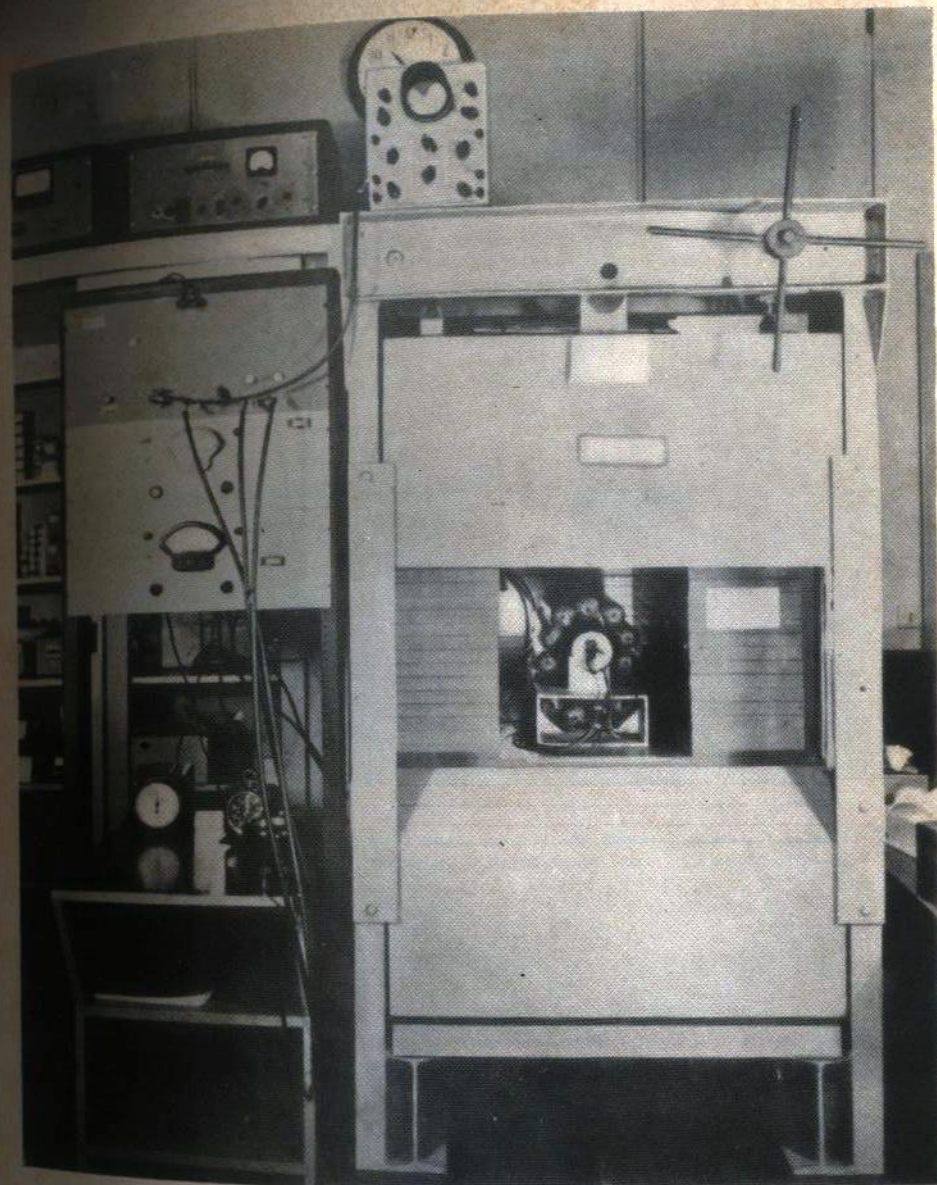
Consideremos, em primeiro lugar, as duas últimas questões.

A dispersão explica-se se a atribuirmos a um declínio constante da força de gravitação. Observamos, em todo o Cosmo, movimentos orbitais, determinados pelas forças de atracção. A órbita da Terra em torno do Sol não é, afinal, determinada pela atracção recíproca dominante entre ambos. Girando em torno da Terra, um foguetão descreve uma curva sujeita igualmente à força de gravitação, à atracção da Terra. Se admitirmos que tal força seja extremamente fraca e diminua numa proporção insignificante, não mensurável

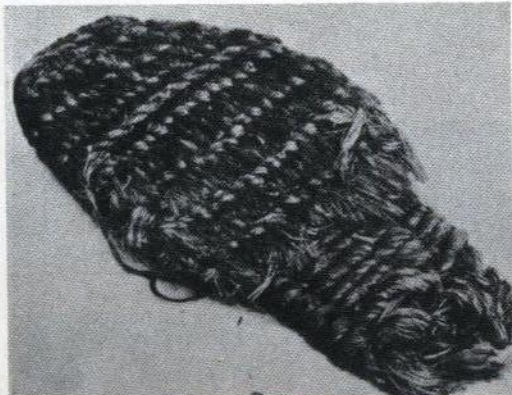
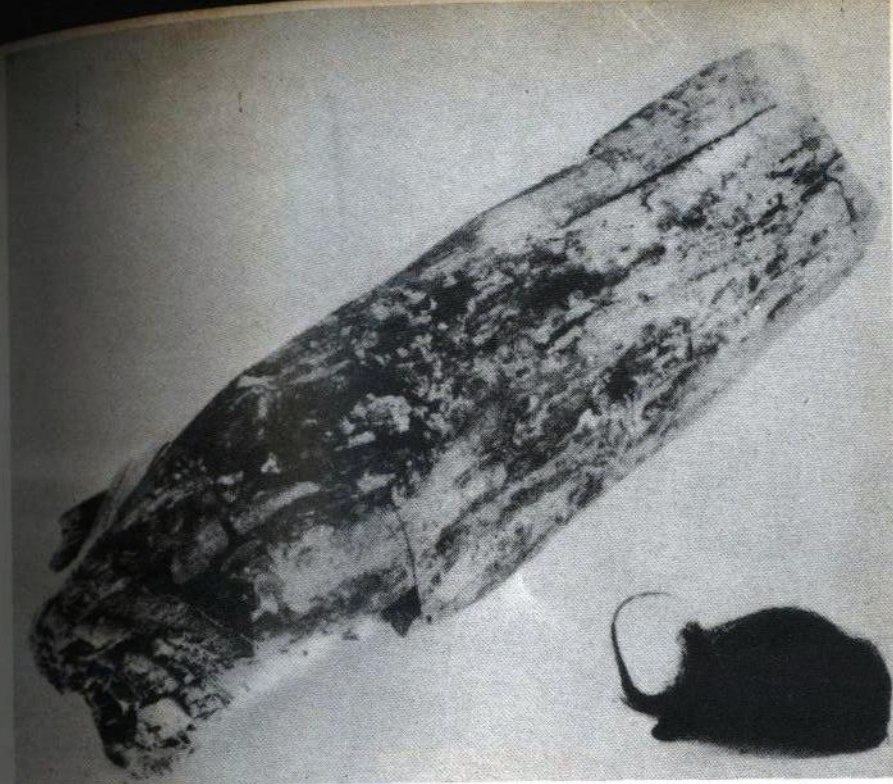
por nós, compreenderemos a dispersão das partes componentes do nosso Cosmo e será possível explicar o *universo explosivo*.

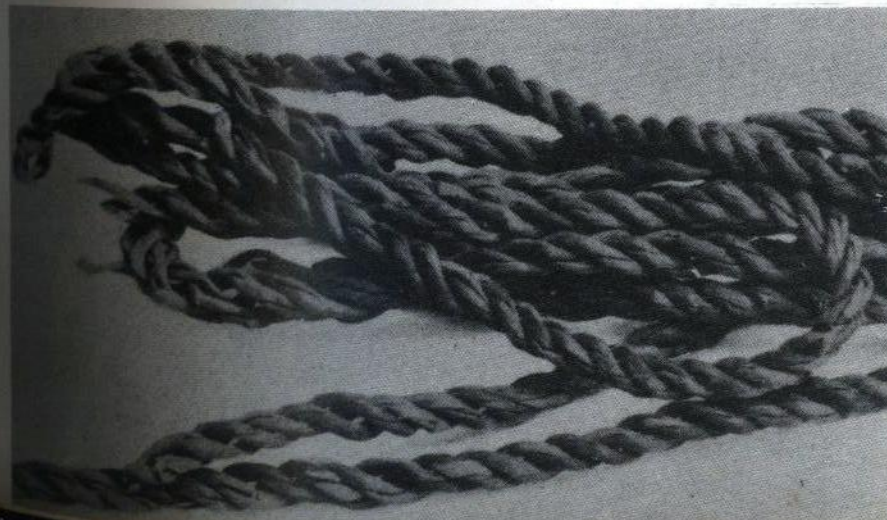
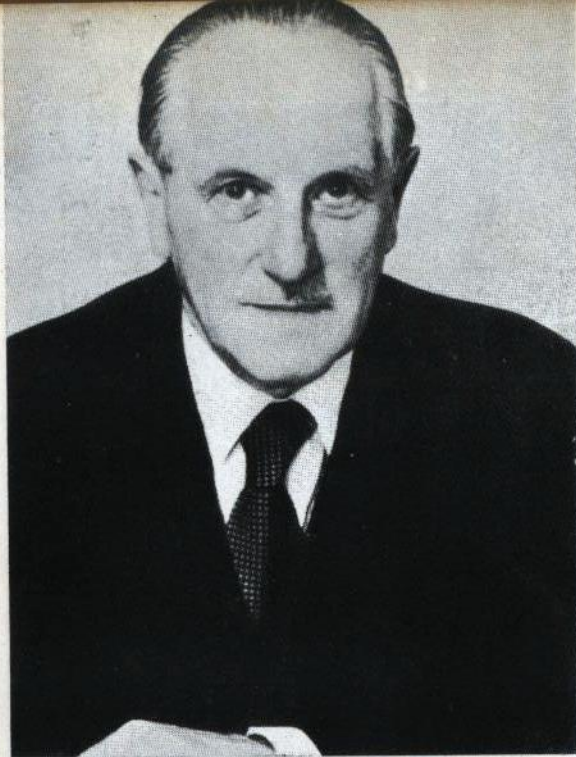
Daí, porém, resulta forçosamente outra questão. No caso de diminuir a energia de conservação, esta não pode desaparecer sem deixar vestígios. Deve reaparecer onde quer que seja, noutra parte do Cosmo. Com efeito, qualquer hipótese é duvidosa quando viola uma lei da natureza: *a soma de matéria e energia é constante.*

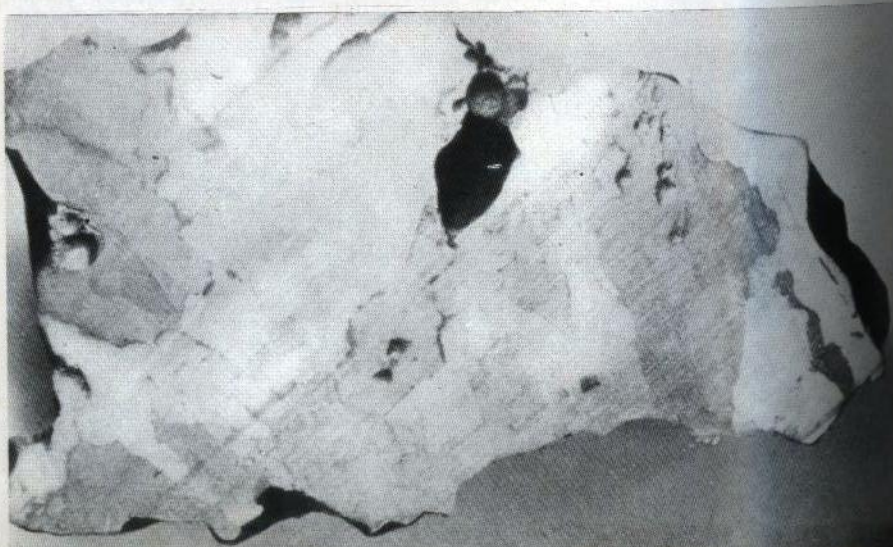
Encontraríamos uma saída afirmando que a perda de energia de gravitação aparece num ponto qualquer do Cosmo sob forma de matéria — suposição aliciante que nos ajudaria a entender porque é possível nascerem estrelas novas. Sucede, porém, que não poderíamos provar rigorosamente tal afirmação.

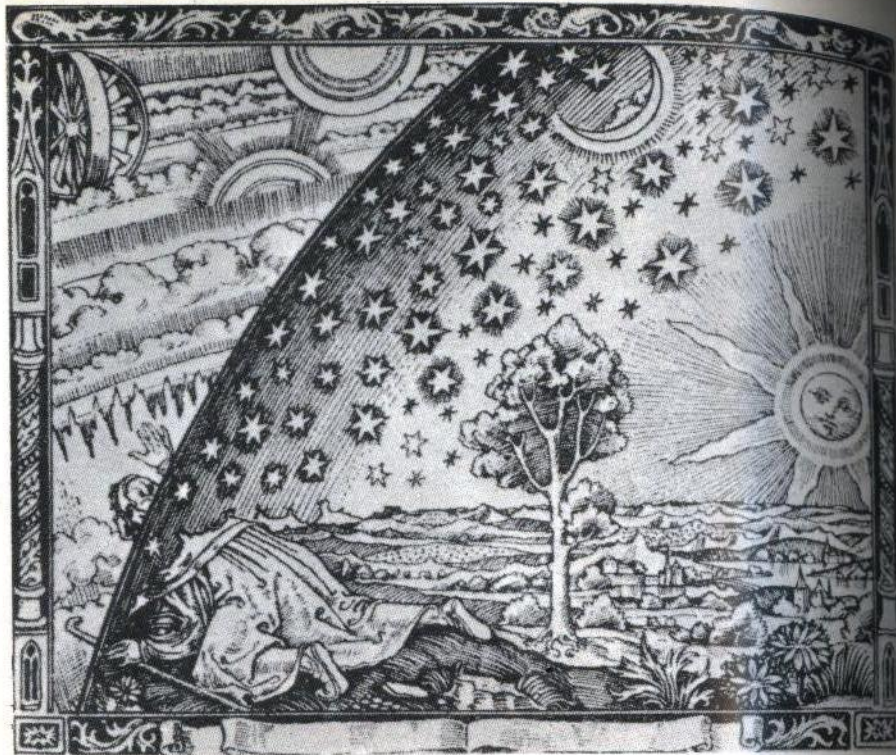
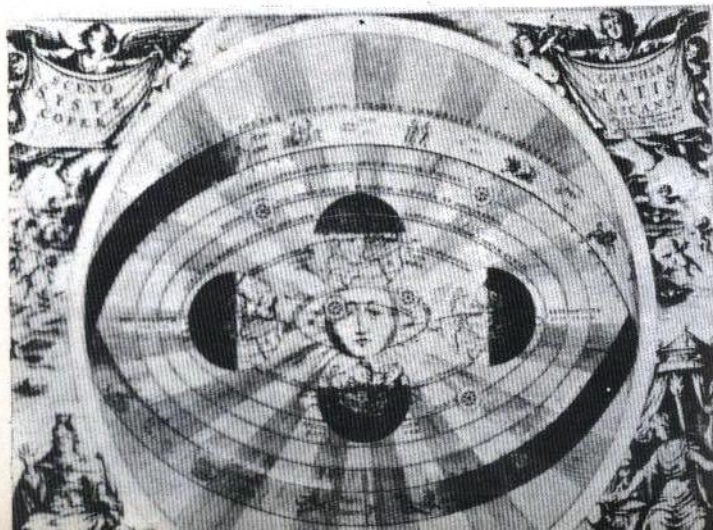
Ora, nos últimos anos, despontou, entretanto, uma possibilidade que, não passando a princípio de vaga presunção, poderá vir a suplantar todas as tentativas de explicação. Com as suas hipóteses mais ou menos arrojadas, trata-se de uma possibilidade com a qual se poderia conciliar até a teoria das duas partículas elementares originais de Pascual Jordan, porque, em vez de dois neutrões, poderíamos admitir a criação de duas partículas carregadas de electricidades opostas.

Aparelho medidor do prof. Libby para datar com carbono. À esquerda: o registador; à direita: com a porta levantada, o contador blindado, vendo-se o tubo medidor cercado por onze comutadores

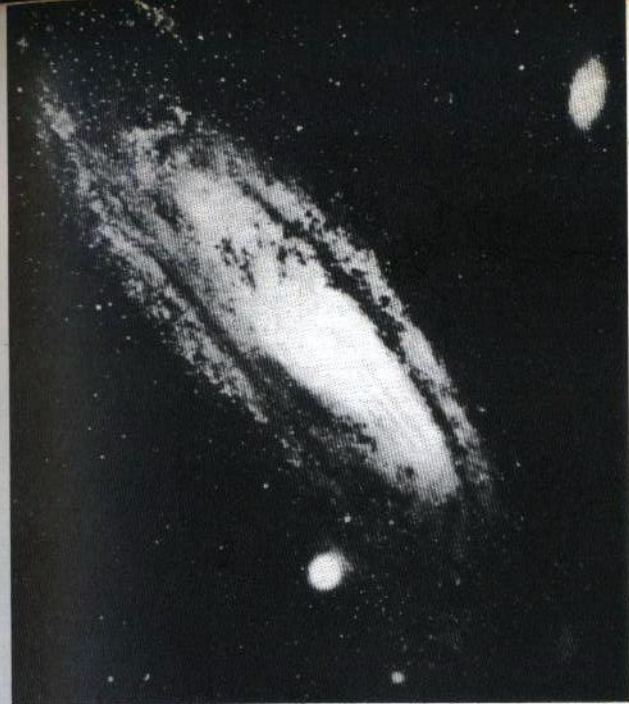
O prof. Willard Libby, da Universidade da Califórnia, Prémio Nobel

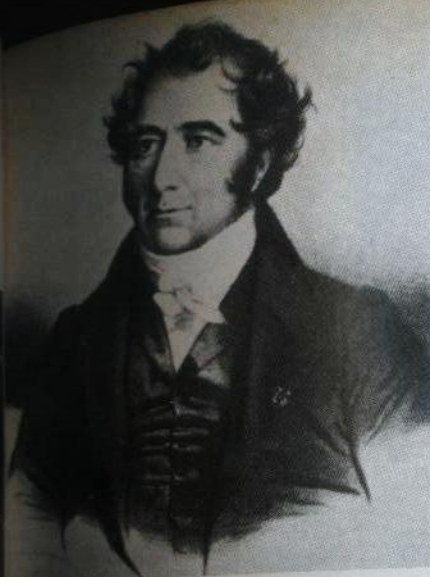
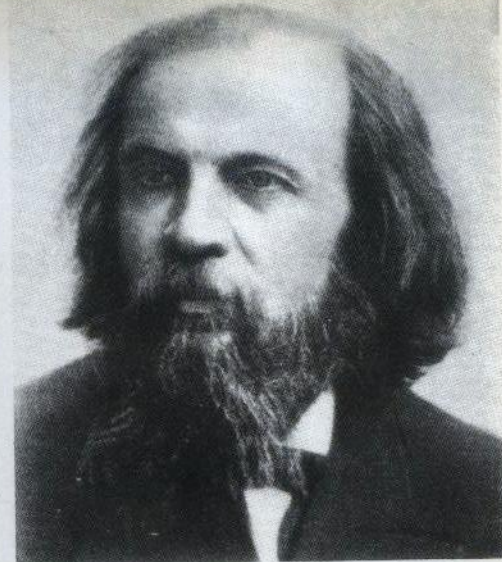
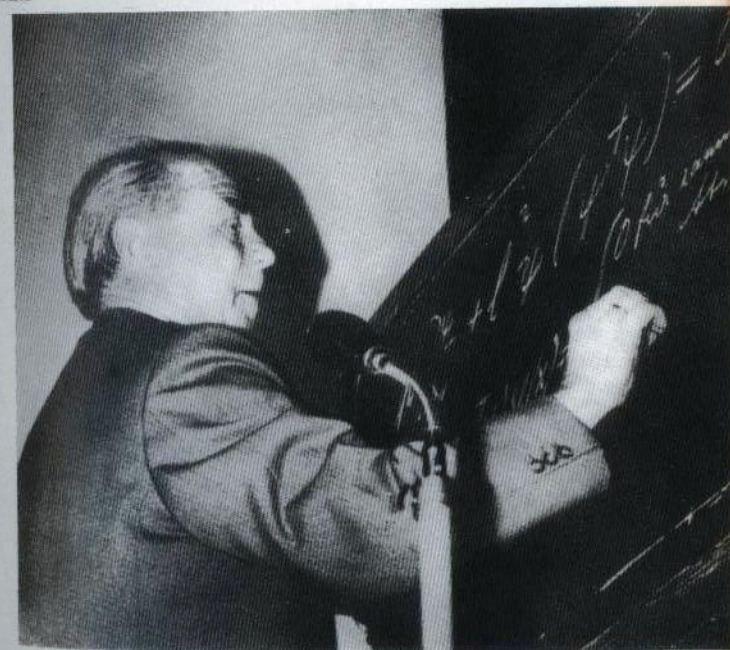
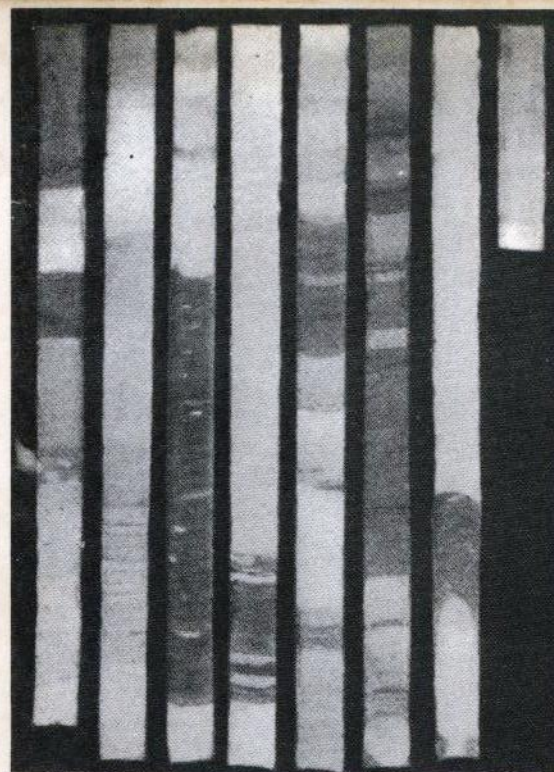
Sandália descoberta no Oregon (E. U. A.), calculando-se que tenha 9035 anos (probabilidade de erro: 325 anos, segundo o método de Libby)

Panos que envolviam os rolos escritos do mar Morto (Livro de Isaías). Segundo Libby, tem 1917 anos (diferença, para mais ou para menos, de 200 anos)

Madeira pré-histórica com a idade de 20 000 anos, encontrada no Ohio (E. U. A.). À direita, cabelos humanos de egípcios, que datam de há cerca de 5020 anos

Cordame do Peru com a idade de 2632 anos. Existe uma probabilidade de erro de 200 anos para mais ou para menos

O químico e pesquisador alemão de meteoritos prof. F. A. Paneth, do Instituto Max Planck de Química. (Morreu em Mogúncia em 1958)

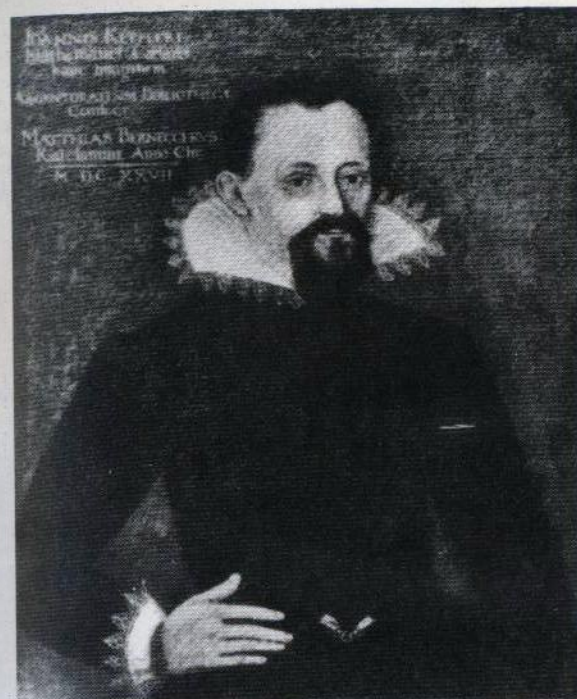
Fragmento despolido dum meteorito de ferro, caído no ano de 1947, em Sichot Alin (Sibéria). Peso: 2100 gramas. Aqui também é visível o envoltório, preto, bem como a grosseira estrutura interior

A famosa cratera do meteorito do Arizona, vista do local do impacte, em direcção noroeste, duns 1000 metros de altitude. A distribuição de luz empresta-lhe uma semelhança desconcertante com as crateras da Lua. Fotografia tirada em 12 de Julho de 1958, pelas 7 horas (com sol nascente, isto é, com iluminação lateral da cratera), pelo geólogo americano John S. Shelton

Criação das estrelas. Na Igreja de St.ª Isabel em Marburgo existe um vitral, no lado poente do coro, considerado uma das mais antigas representações da história da criação. Cerca de 1250

Representação simbólica da irrupção do firmamento, para tomar conhecimento de outras esferas (xilogravura de 1530)

Representação d
Sistema Univers
de Copérnico, n
Atlas Astronómi
de Christoph Gell
rius (Keller), o pr
meiro professor q
ousou ensinar, n
Alemanha, a no
concepção do Un
verso

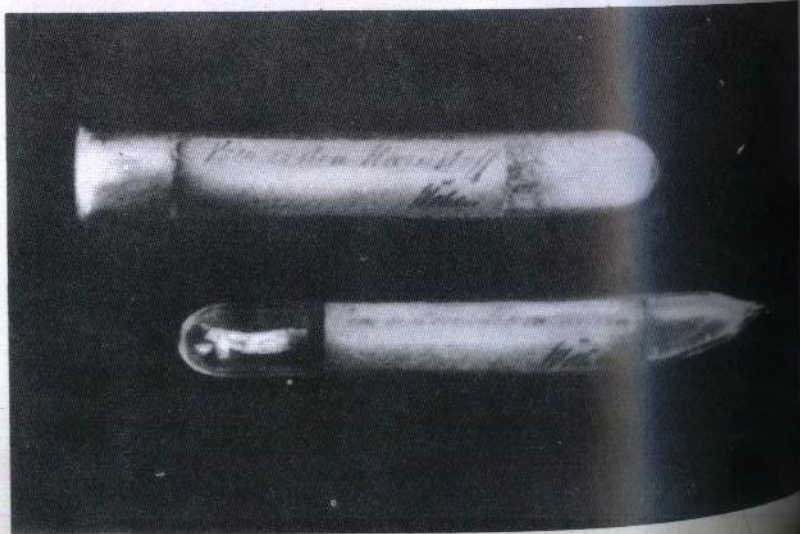
A nebulosa mais próxima da nossa Via Láctea é a Andrómeda. A luz das suas estrelas só alcança a Terra após 750 000 anos. Vemos essa formação astral no ponto onde ela se encontrava há 750 000 anos, com a forma que tinha então. Sem telescópio, essa galáxia é visível como uma diminuta mancha luminosa

Nebulosa espiral no «Cão», captada pelo telescópio de 60 polegadas do Observatório Astronómico de Mount Wilson (E. U. A.)

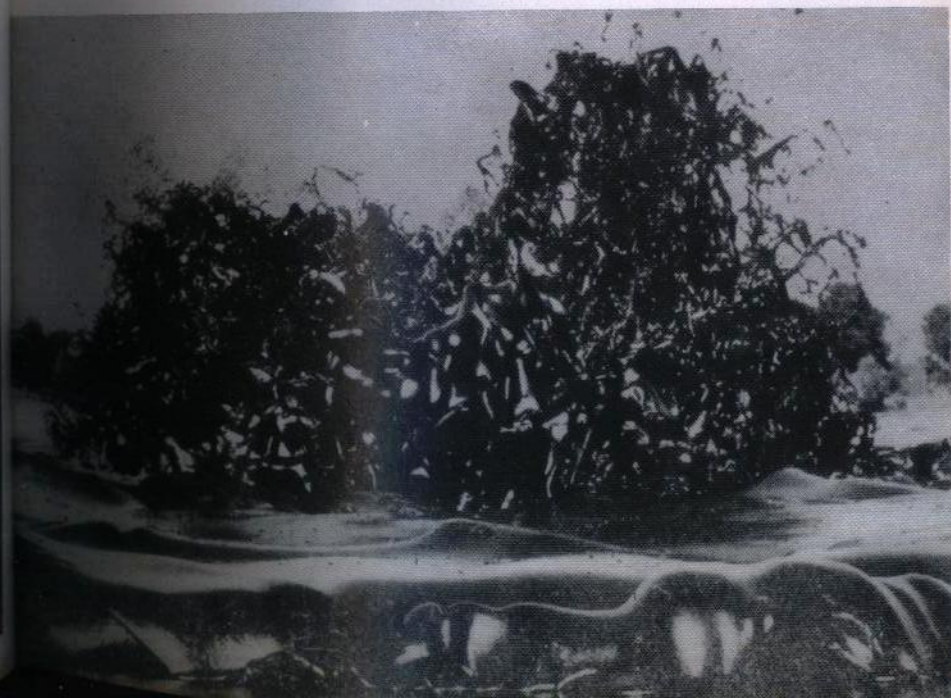
Fotografia da trajectória de antimatéria, como é possível observá-la, numa câmara-ampola, cheia de propano líquido. (Ao longo do percurso das partí-culas, na ampola, aparecem bolhas efémeras de propano.) Vem de cima um antiprotão. Choca-se (1) com um protão (invisível). Daí se originam um neutrão e um antineutrão. (O rasto interrompe-se.) O antineutrão continua a voar e encontra-se (2) com um núcleo atómico, que é aniquilado pelo choque. Distinguem-se cinco vestígios de partes da desintegração

Dominique François Arago (1786-1853), físico e astrónomo, publicou, com Gay--Lussac, os famosos *Annales de Physique et de Chimie*, pretendendo vulgarizar os resultados da pesquisa do seu tempo. Foi por isso um dos primeiros autores do «livro técnico», no sector das ciências naturais

Dimitri Ivanowich Mendeleiev (1834-1907), professor universitário russo, desenvolveu o Sistema Periódico dos Elementos, em 1868, tendo escrito um compêndio para os seus alunos

O prof. Werner Heisenberg, quando apresentava num Congresso de Prémios Nobel a sua fórmula cósmica

Núcleos sedimentares longitudinais, tal como foram extraídos a sudoeste de Chipre, duma profundidade marítima de 2500 metros. Distinguem-se muitos estratos delgados. O material branco é, em geral, todo calcário, misturado, nas zonas mais escuras, com matéria orgânica ou material vulcânico

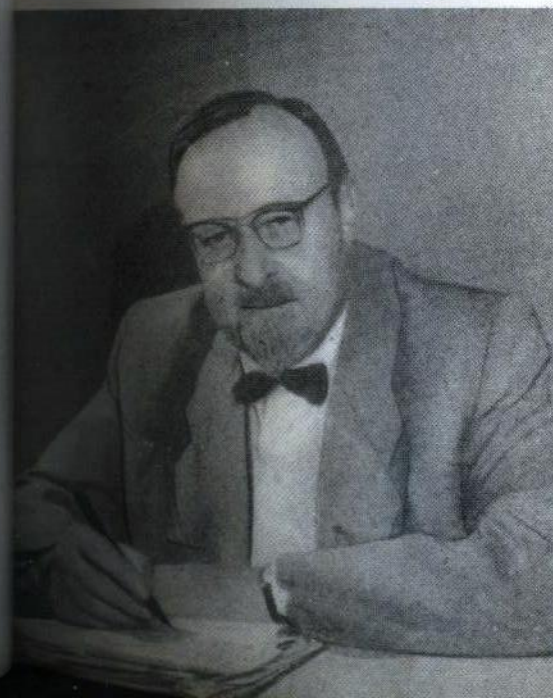
Cratera lunar Copérnico e arredores. Distinguem-se vastas planícies, entremeadas de terreno levemente ondulado e serras alcantiladas. Nota-se que as grandes faixas de solo não correm directamente junto da mesma. As crateras menores, nas planícies, devem ser posteriores, mas não se sabe a causa de certas estruturas salientes, rectilíneas. O diâmetro da cratera Corpénico mede cerca de noventa quilómetros

Retrato de Johannes Kepler, em 1620. Sete anos depois, o grande astrónomo pediu à Biblioteca de Estrasburgo, proprietária do quadro, que não o expusesse, porque não se parecia com o original. No entanto, não se conhece nenhum retrato melhor

Em baixo — À esquerda: Harold Urey, Prémio Nobel de Química em 1934, obteve resultados básicos da origem da vida terrestre. *À direita:* Stanley Miller, discípulo de Urey, no laboratório da Universidade de Chicago, submetendo a experiências a sua síntese de aminoácidos em condições primitivas

Friedrich Wöhler (1800-1882), professor de Química na Universidade de Gottinga

Conserva-se no Deutschen Museum, de Munique, uma amostra da primeira areia sintética, produzida por Friedrich Wöhler. O preparado está num tubo de ensaio, cujo rótulo tem a rubrica de Wöhler. O tubo foi soldado para que o alumínio não se oxide em contacto com o ar e conserve a superfície metálica alvacenta

Bactérias dum jazigo de sal-gema, no Canadá. A amostra de sal onde foram encontradas veio de 1000 metros de profundidade. O descobridor dessas bactérias, H. J. Dombrovski, de Bad Nauheim, considera-as os organismos vivos mais antigos até hoje conhecidos. O sal-gema, donde foram extraídas, tem a idade de 320 milhões de anos. Fotografia ampliada 3300 vezes

Erupção duma fonte petrolífera, em Agosto de 1957, em Bentheim, Emsland. Fornece diàriamente 4000 metros cúbicos de petróleo em rama. Ao mesmo tempo, quantidades de gás natural rasgam a coluna do petróleo, de modo que não é possível formar uma fonte petrolífera homogénea. A quantidade de água contida no petróleo está frequentemente sujeita a fortes oscilações

O esqueleto do oreopiteco, depois de armado. A cabeça volta-se verticalmente para cima. Entre a cabeça e a mão há um único dente, sob o qual se distingue bem o nariz, não simiesco

O biólogo americano prof. Joshua Lederberg, Prémio Nobel de Medicina de 1958, distinguido pelas suas pesquisas sobre vírus e bactérias. Está convencido de que há vida fora do globo terrestre

Alexander Ivanovitch Oparin, membro da Academia das Ciências da U. R. S. S., cujo nome está indissolùvelmente ligado às investigações das formas de vida primitivas. Muito do que publicou, em 1924, sob a forma de hipóteses, veio a ser posteriormente comprovado

A aparição de cometas e meteoros foi desde sempre considerada como prenúncio de desgraça, embora, para as ciências, seja apenas uma prova de que a Criação continua. Na gravura está bem patente a admiração e o susto das pessoas ao contemplarem um desses fenómenos, ocorrido, em 15 de Agosto de 1670, na província francesa de Touraine

Eis como Johann J. Scheuchzer, paleontólogo de Zurique (1672-1733), imaginou o fim do mundo: uma esfera flamejante, fendendo-se debaixo de um cometa gigantesco. Em nossos dias, a Humanidade vive sob a perene ameaça de outra causa terrestre da catástrofe final: o emprego político abusivo da energia nuclear

CAPÍTULO V

ANTIMATÉRIA E ANTIUNIVERSO

COMPLETA-SE O SISTEMA PERIÓDICO — OS ELEMENTOS ARTIFICIAIS — DEUS CRIOU TAMBÉM A ANTIMATÉRIA? — UMA MAÇÃ QUE CAI PARA CIMA

Se perguntarmos a um químico o que é pròpriamente a Química, o cientista, na maioria das vezes, ver-se-á em apuros. Dar de repente, a um leigo, uma definição exacta e compreensível é quase tão difícil como desenhar uma escada de caracol sem auxílio das mãos.

Nos dois casos trata-se, em verdade, de coisas que têm de ser vistas e parece que o professor Friedrich Ferdinand Runge é da mesma opinião quando, em 1846, escreveu o livro de química mais singular que existe. Os últimos exemplares são já peças de antiquário, avaliadas como grande raridade. E trazem a seguinte nota: «Publicado pela União, para divulgação de conhecimentos úteis, mediante escritos ao alcance de todos, sob a direcção de Sua Alteza Real o Príncipe Herdeiro Maximiliano da Baviera.» Essa obra, em dois volumes, continha, em papelinhos cuidadosamente colados, amostras grudadas das substâncias químicas de que tratava o texto. Tons variados de branco, amarelo, vermelho, alaranjado, preto e verde alegravam as páginas folheadas.

Runge, que granjeou notoriedade como descobridor da anilina de alcatrão da hulha, mas que, infelizmente, a maioria das donas de casa não conhece como ardoroso defensor dos comestíveis enlatados, queria ser entendido a todo o custo. Experimentou, sem dúvida, muitas fórmulas, antes de escrever os primeiros períodos do seu tratado:

«A Química é a ciência das partes integrantes do nosso globo terrestre. Tudo o que em torno de nós se move ou não, é objecto de pesquisa química; logo, o ar, a água, os metais, as terras, os vegetais e os animais estão incluídos no grande domínio da química.»

Se isto não for intuitivo!...

Desde então mudaram, na química, muitas coisas. Mas nem por isso esta definição, mais do que centenária, se tornou errónea. Continua realmente a ser «a ciência das partes integrantes do nosso globo», que se compõe de noventa e duas matérias-primas que os químicos denominam *elementos químicos*. Nos últimos anos, os físicos nucleares acrescentaram-lhes alguns elementos artificiais que, dada a sua estrutura interior, não oferecem surpresa e carecem de importância na nossa vida. A explosão táctica de uma bomba de plutónio (elemento 94) encerrou, pois, a série.

Os químicos produzem ainda assombrosas combinações dos noventa e dois elementos — não raro, substâncias inexistentes na criação. A mínima partícula indivisível de um elemento susceptível de se libertar de uma combinação e inserir-se noutra recebeu a denominação de *átomo*, termo grego que significa justamente o *indivisível*. Por muito tempo, os químicos orgulharam-se do seu átomo supostamente indivisível. Hoje, qualquer leitor de jornal sabe que o átomo usa indevidamente este nome, já que se tornou divisível. A desintegração do átomo e a energia nuclear já são conceitos corriqueiros.

Completa-se o Sistema Periódico

Por que motivo há precisamente noventa e dois elementos, que, para mais, não foram conhecidos todos duma vez? Prescindindo dos hipotéticos elementos dos antigos, que resumiam todas as substâncias em terra, água, fogo e ar, consideremos os verdadeiros elementos químicos, como o ouro, a prata, o cobre, o ferro, o hidrogénio, o oxigénio, o arsénio, ou o enxofre. O famoso químico francês Lavoisier, vítima da guilhotina durante a Revolução Francesa, chegou a conhecer, se tanto, vinte elementos. Por volta de 1800, já eles eram, porém, trinta e quatro; vinte anos depois, quarenta e seis. Na época da guerra de 1870-71, os químicos conheciam a existência de sessenta elementos. Em 1914, estavam já mais adiantados: os elementos deviam ser noventa e dois, embora se conhecessem apenas oitenta e seis. Em 1939, ao deflagrar o segundo conflito mundial, surgiram dúvidas: seria, de facto, noventa e dois o número máximo dos elementos? Na natureza, porém, não havia esperança de encontrar mais de noventa e dois. A razão disto era muito simples. A primeira vez que se tornou conhecido um número maior de elementos empreendeu-se a tentativa de coordená-los. Tal trabalho já fora tentado pelo professor Dobereiner de Iena, contemporâneo de Goethe, do qual tinha o nome de baptismo e o interesse universal pelas ciências naturais. Havia um meio fácil de organizar um quadro sinóptico, dispondo *grande com grande, pequeno com pequeno*, mas tal método é pouco adequado à química. Mendeleiev e Lothar Meyer, um russo e outro alemão, pràticamente ao mesmo tempo — por volta de 1870 —, colocaram os elementos um ao lado do outro e um abaixo do outro, num esquema que assumiu, enfim, visos de química. Desenvolveu-se assim o famoso Sistema Periódico dos Elementos, ou simplesmente Sistema Periódico, o qual goza ainda hoje de popularidade

geral e, no curso de decénios, tem reaparecido em formas novas *aperfeiçoadas*, mas quase todas menos aproveitáveis que a versão antiga, mais simples.

Porém, ainda em 1914, esse excelente esquema apresentava um defeito: não combinava, ou melhor, combinaria, se se deixasse nalguns pontos certas casas vagas. Esses lugares vazios, já vasculhados por Lothar Meyer, significavam apenas que ali faltava um elemento ainda desconhecido. O Sistema Periódico foi um óptimo recurso para a descoberta desses elementos ainda desconhecidos; bastava examinar as propriedades de que eram dotados os elementos vizinhos e em que minerais elas se manifestam. Depois, foi fácil imaginar como deviam compor-se e onde se encontrariam os elementos que faltavam. O processo de *caça aos elementos* deu excelentes resultados. Assim, aos poucos, foram conseguidos todos os elementos até ao urânio, que tem, no Sistema, o número 92. Só não se encontrou então o elemento 43, que hoje se denomina *tecnécio* e é demonstrável fora da Terra. Julgou-se, um dia, que fora descoberto; deram-lhe um nome e apressaram-se a situá-lo no Sistema. Os pretensos descobridores chamaram-lhe *masúrio*. Afinal, só se obtiveram quantidades visíveis do elemento nos Estados Unidos, em experiências com um reactor atómico: o tecnécio é um metal prateado. Também o elemento astatino só pode ser obtido em química nuclear. São quìmicamente seus afins os que estão acima dele no Sistema Periódico: iodo, bromo, cloro e flúor.

A pergunta «porque existem exactamente noventa e dois elementos?» estará respondida se dissermos: o Sistema Periódico tem lugar para noventa e dois elementos, do hidrogénio ao urânio. Mas isto não é, em si, prova plausível. Examinemos mais de perto e separadamente a estrutura dos elementos. Partindo do início do Sistema, analisemos no quadro seguinte a estrutura dos átomos respectivamente do hidrogénio, do hélio e do lítio.

Elementos	Carga nuclear positiva	Massa
Hidrogénio	1	1
Hélio	2	4
Lítio	3	7

A estrutura mais simples é a do átomo do hidrogénio, que contém um núcleo muito pequeno, mas relativamente pesado e carregado positivamente: um protão. Como este se encontra cercado por um electrão, unidade de carga eléctrica negativa, a carga está saturada.

O hélio contém duas partículas elementares positivamente carregadas (protões), duas partículas elementares neutras (neutrões) e, para atingir a saturação da carga, dois electrões girando em torno do núcleo.

O núcleo atómico do lítio consta de três protões, isto é, de uma tríplice carga positiva, e de quatro neutrões. Em torno deles movem-se três electrões. Continua assim o sistema, até ao elemento 92, com noventa e duas unidades nucleares positivamente carregadas e, à roda delas, noventa e dois electrões. No núcleo, só aumenta irregularmente o número das partículas neutras.

Insere-se nas páginas seguintes duas tabelas referentes aos elementos: na primeira figuram os elementos conhecidos em 1800; na segunda, os descobertos até 1963. Os que se vêem assinalados com asterisco foram previstos por Mendeleiev.

Do elemento hidrogénio, cujo núcleo possui apenas uma carga positiva, a série de elementos estende-se ininterrupta, em progressão crescente, até o elemento de noventa e duas cargas positivas, isto é, o urânio. Sempre que chegam a uma certeza científica, os químicos inscrevem os dados relativos ao número de cargas positivas contidas num elemento, com

ELEMENTOS CONHECIDOS EM 1800
(Classificados no moderno Sistema Periódico)

	1	2	3	4	5	6	7	8
I	1 Hidrogénio							
II		4 Berílio	5 Boro	6 Carbono	7 Azoto	8 Oxigénio		
III		12 Magnésio			15 Fósforo	16 Enxofre	17 Cloro	
IV	29 Cobre	30 Zinco		22 Titânio	33 Arsénio	24 Cromo	25 Manganés	26 Ferro 27 Cobalto 28 Níquel
V	47 Prata	38 Estrôncio	39 Ítrio	40 Zircónio 50 Zinco	51 Antimónio	52 Telúrio		
VI	79 Ouro	56 Bário 80 Mercúrio		82 Chumbo	83 Bismuto	74 Volfrâmio		78 Platina
VII						92 Urânio		

SISTEMA PERIÓDICO DOS ELEMENTOS EM 1963

	1	2	3	4	5	6	7	8			
I	1 Hidrogénio										2 Hélio
II	3 Lítio	4 Berílio	5 Boro	6 Carbono	7 Azoto	8 Oxigénio	9 Flúor				10 Néon
III	11 Sódio	12 Magnésio	13 Alumínio	14 Silício	15 Fósforo	16 Enxofre	17 Cloro				18 Argónio
IV	19 Potássio 29 Cobre	20 Cálcio 30 Zinco	21 * Escândio 31 * Gálio	22 Titânio 32 * Germânio	23 Vanádio 33 Arsénio	24 Cromo 34 Selénio	25 Manganés 35 Bromo	26 Ferro	27 Cobalto	28 Níquel	36 Criptónio
V	37 Rubídio 47 Prata	38 Estrôncio 48 Cádmio	39 Ítrio 49 Índio	40 Zircónio 50 Estanho	41 Nióbio 51 Antimónio	42 Molibdénio 52 Telúrio	43 Tecnécio 53 Iodo	44 Ruténio	45 Ródio	46 Paládio	54 Xénon
VI	55 Césio 79 Ouro	56 Bário 80 Mercúrio	57-71 Terras raras 81 Tálio	72 Háfnio 82 Chumbo	73 Tantálio 83 Bismuto	74 Volfrâmio 84 Polónio	75 Rénio 85 Astatino	76 Ósmio	77 Irídio	78 Platina	86 Radão
VII	87 Frâncio	88 Rádio	89 Actínio	90 Tório	91 Protactínio	92 Urânio					

Terras Raras	57 Lantânio	58 Cério	59 Preseodímio	60 Neodímio	61 Prometeu	62 Samário	63 Európio	64 Galodínio	65 Térbio	66 Disprósio
			67 Hólmio	68 Érbio	69 Túlio	70 Itérbio	71 Lutécio			

Elementos de produção artificial	93 Neptúnio	94 Plutónio	95 Americio	96 Cúrio	97 Berquélio	98 Califórnio	99 Einsténio	100 Fémio	101 Mendelévio	102 Nobélio	103 Laurêncio

o símbolo atómico. Assim, apresentam-nos o urânio 238 do seguinte modo:

$$^{238}_{92}U$$

onde é possível ver imediatamente:

1) que se trata de urânio;

2) que o núcleo contém noventa e duas cargas positivas (protões);

3) que a massa do isótopo em questão é 238.

Os elementos artificiais

Sobre este assunto depara-se-nos uma questão. Naturalmente, o facto de o urânio ser, na Natureza, o elemento de máxima carga nuclear positiva, não é razão plausível para se encerrar com ele a série. Não haverá, acaso, elementos que ultrapassem o urânio — os *transurânios*? Sabemos que existe actualmente uma série inteira destes elementos, parte dos quais produzidos em quantidade equivalente a um quilograma.

No entanto, dos últimos elementos desta série só se pôde até agora comprovar a existência de alguns átomos com o auxílio de métodos de registo. Porém, ainda ninguém os viu.

Para a produção de transurânios (na pág. 106 inserimos uma tabela com a indicação da respectiva carga nuclear positiva) parte-se geralmente do plutónio artificial. O exemplo exposto a seguir ilustra as dificuldades deste trabalho: um composto de plutónio-alumínio irradiou durante seis anos num reactor atómico. Feita a separação química, obtiveram-se 200 mg de cúrio-244 e 75 mg de amerício-234, além de quantidades mínimas de berquílio e califórnio. A amostra continha 350 mg de plutónio. De uma barra que continha 78 gramas de plutónio isolaram-se, após dois anos de radiação, 1 grama de amerício-243, 0,5 gramas de cúrio-244, 6 gra-

mas de plutónio-242, que é actualmente o material mais importante para a produção dos transurânios mais pesados. Espera-se ainda conseguir elementos com maior número de cargas positivas do que o laurêncio.

A este extremo do Sistema Periódico é ainda possível acrescentar outros elementos. Mas como proceder no extremo superior?

O facto decisivo é, evidentemente, a carga positiva do núcleo atómico. Se tirarmos ao núcleo do hidrogénio o protão, a sua única carga positiva, resta o já citado neutrão, que conserva a massa 1. Podemos, pois, denominá-lo *elemento químico não carregado*, como já lhe chamaram muitos investigadores. Eis como se apresenta o seu Sistema Periódico dos Elementos:

Elementos	Carga positiva
Neutrão	0
Hidrogénio	1
Hélio	2
Lítio	3
Berílio	4

Que resta, se tirarmos também ao neutrão a massa 1? Nada. Parece trivial mas não é. Para explicar certas observações, os físicos nucleares tiveram de introduzir nos cálculos uma espécie de *valor-nulo*, ao qual se deu o nome de *neutrino*. Não vem ao caso pormenorizar aqui o assunto. Por dever de justiça, citemos porém que, em princípio, os raciocínios com quantidades inexistentes não são novidade, como se tem proclamado. Mendeleiev, cérebro genial, engenhoso, gostava demasiado de raciocinar por analogia para se esquecer de tal solução: tirar ao elemento hidrogénio um outro

elemento, o *corónio*, que, na sua opinião, aparecia no Sol. Sabemos hoje que o neutrão, que inscrevemos antes do hidrogénio, aparece, de facto, no Sol.

Mas há mais: Mandeleiev chegou ainda à conclusão de que devia existir uma partícula com o peso atómico de

$$^{3/5}100\,000\,000\,000, \text{ isto é: } 3{,}5 \cdot 10^{-11}$$

Julgava que fosse o *éter*, então defendido pelos físicos, e, em homenagem ao grande físico inglês Isaac Newton, deu a esse elemento a denominação de *newtónio*. Ora, nós não sabemos a que corresponde exactamente uma partícula do newtónio de Mendeleiev. Talvez a devamos registar como uma excelente aproximação do já mencionado neutrino.

Durante anos foi impressão geral que não haveria meio de alterar, no início do Sistema Periódico, a série dos elementos. Estava ali, no entanto, o ponto de partida do desenvolvimento que nos levaria a concepções novas e revolucionárias: à antimatéria.

ELEMENTOS TRANSURÂNIOS

Elementos	Carga nuclear positiva
Neptúnio	93
Plutónio	94
Amerício	95
Cúrio	96
Berquélio	97
Califórnio	98
Einsténio	99
Férmio	100
Mendelévio	101
Nobélio	102
Laurêncio	103

Deus criou também a antimatéria?

Émile Segré, um cientista que a princípio não se interessava por este tipo de problemas, acabou por se tornar o especialista da pesquisa da antimatéria.

Segré estudava engenharia em Roma, nos anos de 1925-26, quando teve ensejo de entrar em contacto com o físico nuclear Enrico Fermi e o seu grupo de trabalho. Em 1927, deslocaram-se a Como, atraídos não só pela beleza do sítio, como pela oportunidade de ver os luminares da física nuclear, já que em Como se realizava um congresso de física atómica.

— Quem é aquele homem de olhar bondoso e fala incompreensível? — perguntou Segré.

— É Bohr.

— E quem é Bohr?

— É fantástico! Você nunca ouviu falar do modelo atómico de Bohr?

— Mas o que é o modelo atómico de Bohr?

Émile Segré começou a interessar-se pela física. Em breve, o estudante de vinte e um anos entrava na equipa de colaboradores de Fermi. Um ano depois, formando-se em Roma, começou a publicar, um após outro, os seus trabalhos. Assistiu à primeira experiência realizada com neutrões, quando se fez, no viveiro de peixinhos dourados do director — segundo Fermi, a única grande massa de água apropriada — a experiência clássica do efeito da travagem de neutrões. Segré foi depois professor de física e director do Instituto de Física da Universidade de Palermo. Descobriu o elemento artificial ao qual se deu o nome de *tecnécio*, preenchendo assim a mais misteriosa das lacunas do Sistema Periódico. Interrompeu temporàriamente a sua actividade quando teve de emigrar, em 1938, para os Estados Unidos. Mas foi justamente neste país que encontrou o sector de trabalho e as possibilidades que o encaminharam para a antimatéria.

Se deixarmos as massas dos átomos tais como elas são, restará apenas um meio de alterar o carácter da matéria formada por elas: mudar a carga eléctrica. Na matéria nossa conhecida, o núcleo dos átomos é carregado positivamente. Receberá, pois, carga negativa. Se, até então, o núcleo estiver carregado negativamente, passará a ser positivo — do que podemos fazer uma ideia, porque existem unidades de carga eléctrica positivas e negativas; positrões e electrões. E, na realidade, os físicos conseguiram produzir átomos nos quais as cargas estão respectivamente trocadas.

É hoje possível, aliás com o emprego de enormes aparelhos — ciclotrões, campos magnéticos e instrumentos análogos —, produzir partículas isoladas de antimatéria. A massa 1 permanece positiva; a carga do núcleo é negativa:

Nome	Massa	Carga
Hidrogénio	1	+1
Neutrão	1	0
Anti-hidrogénio	1	−1

Tratando-se de partículas elementares sem envoltório de electrões, isto é, tratando-se de núcleos atómicos *nus*, em física deveríamos escrever rigorosamente, em vez de *hidrogénio* e *anti-hidrogénio*, *protão* e *antiprotão*; mas a escrita aqui adoptada é mais compreensível apesar de nos levar a esta questão: poder-se-á desenvolver a partir de tal elemento um Sistema Periódico completo? Chegar-se-á um dia a combinações de antimatéria? Existirá, porventura, um antiuniverso construído de tais partículas.

E vemos, consternados, que a proclamação do antiuniverso está mais próxima do que geralmente se acredita. Faltava-nos apenas o equivalente do neutrão no antiuniverso,

mas, recentemente, esse antineutrão foi observado de modo positivo. Produz-se por meios insólitos, é verdade, mas perfeitamente correctos. Eis, simplificada, a equação conversível:

$$\text{protão} + \text{antiprotão} = \text{neutrão} + \text{antineutrão}$$

Precisamos, absolutamente, pelo menos em pensamento, de lançar mãos à obra e esboçar um segundo universo de elementos. O anti-hidrogénio pesado, isto é, o antideutério, compor-se-ia de um núcleo atómico formado por um antiprotão mais um antineutrão movendo-se em torno do núcleo, em vez de um electrão e um positrão. Correspondentemente, um anti-hélio deveria compor-se de dois antiprotões e dois antineutrões, rodeados de dois positrões. Assim, em princípio, tal esquema poderá continuar. Num Sistema Periódico de antimatéria, todo o antielemento seguinte terá sempre mais uma carga eléctrica, negativa, no núcleo, e mais um positrão girando em torno dele.

Tomando em consideração o deutério, isótopo do hidrogénio, tracemos mais um vez o quadro das relações:

UNIVERSO ou PARTÍCULAS				ANTIUNIVERSO ou ANTIPARTÍCULAS			
Nomes	Envoltório de carga negativa	Núcleo de carga positiva	Massa	Nomes	Massa	Núcleo de carga negativa	Envoltório de carga positiva
Hélio	2	2	4	Antineutrão ...	1		
Deutério	1	1	2	Antiprotão	1	1	
Hidrogénio	1	1	1	Anti - hidrogénio	1	1	1
Protão		1	1	Antideutério ...	2	1	1
Neutrão			1	Anti-hélio	4	2	2

Afora isto, que sabemos hoje sobre a antimatéria? Em razão da sua estrutura perfeitamente simétrica, estamos — como na época do Sistema Periódico — em condições de predizer exactamente que propriedades ela deve ter. Está acima de toda a dúvida o facto de ser tão estável como a matéria comum enquanto não entrar em contacto com esta. Chocando-se, porém, em grandes quantidades, matéria e antimatéria aniquilam-se mùtuamente, libertando assim tal soma de energia que, junto desta, a explosão de uma bomba atómica não é mais do que inofensivo fogo de artifício.

Eis porque não pode aparecer constantemente na Terra qualquer antimatéria. Ninguém se iluda quanto à possibilidade de encontrar no nosso planeta jazigos de antimatéria, nem sequer átomos mais elevados. Pelo menos, a julgar pelos nossos conhecimentos actuais, os técnicos não precisam preparar-se para uma química de antimatéria terrestre.

Mas também não se deve excluir a hipótese de existirem em certos pontos do Cosmo grandes massas, ou mesmo universos inteiros de antimatéria. Entretanto, considerando a preferência, não raro monótona, da natureza pela simetria, esta questão é quase supérflua. Não há, ou, pelo menos, ainda não houve, qualquer prova a favor de um antiuniverso ou de um anticosmo. Na Terra podemos distinguir perfeitamente o hidrogénio do anti-hidrogénio. No espaço cósmico é mais difícil.

A fé dos próprios cientistas não vai tão longe. Infere-se de certos cálculos que a nossa Via Láctea mal contém um antinúcleo atómico em dez milhões de núcleos atómicos de matéria. É lícito supor que noutras nebulosas se descubram condições diferentes. A radiação de objectos situados fora da nossa Via Láctea — Cygnus A e Messier 87 — talvez esteja ligada à destruição de antimatéria. Pelo menos, alguns astrónomos julgam que se não deve excluir essa hipótese.

Estará o universo inteiro destinado a desaparecer, à semelhança do que se faz numa equação em que positivo e nega-

tivo se anulam recìprocamente, sem deixar resto? Em princípio, esta ideia não é nova. Já foi discutida muitas vezes mas, naturalmente, sem se apresentar qualquer prova.

O Prémio Nobel Émile G. Segré resumiu a situação nestas frases incisivas: «Se Deus criou o Universo — se os senhores crêem que Ele o criou —, haverá alguma razão para supor que tenha preferido a matéria à antimatéria?»

Uma maçã que cai para cima

Voltemos às nossas teorias sobre o princípio da criação do Universo. Vimos que, no sector das partículas e das antipartículas reina plena simetria. Por que motivo — justifica-se a pergunta — a matéria e a antimatéria não deveriam ter sido criadas *ao mesmo tempo*? Em todos os compêndios de física há uma ilustração que pode servir de evidente comparação: um raio carregado de energia transforma-se em duas partículas de matéria de cargas eléctricas opostas. Uma das partículas está carregada positivamente, a outra negativamente. Terá, acaso, começado por um processo análogo, a criação do universo?

C. J. Kevane, físico da Universidade do Arizona, publicou uma teoria da origem do Universo, em que inclui a antimatéria. Ainda que não se lhe aceitem todos os pormenores, contém ideias sugestivas. Por exemplo: no momento da criação, matéria e antimatéria estavam unidas. Sobreveio depois a separação, porque actuaram entre elas forças de repulsão duma gravitação e duma antigravitação. Mas a ideia da antigravitação é tão nova que custará muito aclarar-se como poderá ajustar-se ao nosso universo actual. Entretanto, C. J. Kevane não é o único defensor dessa concepção.

O conhecido físico americano, nascido na Rússia, George Gamov, comparticipa também do mesmo ponto de vista. Baseia o seu raciocínio no facto de ainda se não ter provado

experimentalmente se as antipartículas são dotadas de massa calculável para uma gravitação positiva. Se a sua massa for *negativa*, seria, visto por nós, uma *antimaçã* caindo para cima.

Trata-se de uma concepção absolutamente nova do Universo. Com efeito, não podemos ainda falar pròpriamente de *um* universo enquanto não dispusermos de um termo que abranja as duas formas da matéria, digamos antes: *dois mundos*. Os próximos anos mostrarão se são viáveis as concepções de universo e antiuniverso, se descobriremos ou poderemos produzir mais material que lhes sirva de apoio. Uma transformação de carácter tão revolucionário provocará resistências, granjeará adversários e, presumìvelmente, será combatida com ardor. Fujamos, porém, de todo o excesso de meticulosidade; prontifiquemo-nos a negligenciar contradições aparentes, a fim de podermos examinar, com mais atenção, as grandes possibilidades que se nos ofereçam.

Se, tomando em consideração a antimatéria, for possível formar uma nova concepção do Cosmo que contribua para eliminar as dificuldades ainda existentes, tal facto não será apenas uma grande vitória da ciência. Teremos então de reexaminar também o problema da posição do homem num universo mais uma vez imensamente dilatado. Actualmente confundimos ainda com excessiva facilidade os conceitos, e dizemos *universo* quando nos referimos ao nosso planeta. De um modo geral, continuamos sem nos compenetrarmos de que o nosso próprio sistema solar, na Via Láctea, não passa de uma insignificância, e que a nossa galáxia é, por seu turno, apenas *um* objecto cósmico entre milhões de outros objectos siderais. Se houver um antiuniverso, a importância do nosso diminuirá em escala muito ampla. Teremos de rever o valor da nossa existência, à semelhança do que ocorreu aos contemporâneos de Copérnico e de Kepler. Vai ser difícil. E, nessa eventualidade, saberemos dominar a nossa presunção?

CAPÍTULO VI

AS PARTÍCULAS MENORES

MESÕES E ANTIMESÕES — FÓRMULA CÓSMICA DE HEISENBERG — O QUE NÓS VEMOS É O PASSADO

Universo e antiuniverso — estes conceitos, que soam ainda estranhos ao nosso ouvido, são já usados e discutidos amiúde pelos físicos. Munidos de papel, de lápis e do indispensável equipamento matemático, pouco se lhes dando que entendamos os pormenores, ei-los que vão traçando novos caminhos para uma concepção uniforme do Universo. Foi a mulher de Albert Einstein que um dia, involuntàriamente, caracterizou a situação. Um colega do sábio mostrou-lhe o ciclotrão colossal, de centenas de toneladas, com o qual trabalhava.

— Para que serve este monstro tão caro? — perguntou a senhora.

— Para investigar as propriedades da matéria elementar e daí deduzir a estrutura e a origem do Cosmo.

— Não entendo — tornou a senhora Einstein. — Para isso, o meu marido serve-se, de noite, apenas de um lápis e do verso de um sobrescrito usado.

Quem quiser estudar os físicos *in natura* e ouvi-los falar do seu trabalho, assista aos congressos destes cientistas, como por exemplo a uma assembleia de Prémios Nobel, na ilha

de Lindau, no lago de Constança. Ali, na antiga cidade livre, reúnem-se anualmente os homens cujos nomes equivalem a símbolos de determinados sectores das modernas ciências naturais.

Um encanto singular envolve essas reuniões, que já se realizam num ambiente impregnado de magia. Por volta de 1230, chegaram a Lindau os carmelitas descalços, que em 1270 erigiram ali um convento e uma igreja. Esse venerável local sacro foi, mais tarde, prisão, caserna e arsenal. Hoje, é o teatro da cidade, mas em cada Estio discursam e trabalham ali os Prémios Nobel. Nessa época, a presença de físicos, químicos e médicos de todas as partes do mundo anima as ruas medievais, onde encontramos também reitores, decanos e lentes das escolas superiores. Os detentores de Prémios Nobel discutem então com estudantes, nas vielas sinuosas e nos locais habitualmente frequentados por turistas. Trocam-se ideias, pontos de vista, opiniões, com a máxima franqueza. É uma festa de família dos naturalistas.

Também lá se encontrava o físico japonês Hideki Yukawa. «De que falará amanhã», perguntaram-lhe. O tema da sua conferência era: «Ensaio de uma teoria única das partículas elementares.» Mas que iria ele dizer a tal respeito? «Logo à noite, ainda tenho de fazer alguns cálculos. Amanhã, veremos.» E a prelecção de Yukawa foi tão audaciosa, tão nova, que poucos ouvintes puderam seguir o encadeamento de ideias. Mas todos escutavam, cativos do seu modo de pensar, fascinados pela subtileza da sua inteligência.

Depois, falou o físico inglês Cecil Frank Powell, sobre um tema análogo ao de Yukawa. Mas que intuição! «Precisamos, sobretudo, de um balão estratosférico que possa subir a trinta quilómetros de altitude, de um avião de caça e de um navio de guerra... nem que seja apenas um contratorpedeiro.»

Precisam disso?... Para quê?

Vejamos mais minuciosamente as pesquisas de Powell.

Mesões e antimesões

Os físicos procuram há muito tempo os motivos por que um núcleo atómico pode ser originàriamente estável e as causas que provocam a desintegração de um núcleo radioactivo. Por que razão a carga eléctrica positiva dum protão é exactamente igual à carga negativa de um electrão? Porque tem exactamente o curioso valor de 1/1837 a relação da massa de um electrão para a de um protão? Qual é a disposição interior de um núcleo atómico? Problemas e mais problemas. Mas com mais um se defrontaram, finalmente, os físicos nucleares. Yukawa propôs-lhes uma teoria sobre a incógnita do conteúdo de energia do núcleo atómico; exigia, em troca, mais uma partícula elementar, por assim dizer um cimento do núcleo atómico, cuja massa devia ser cem vezes superior à de um electrão.

Por mais extraordinário que pareça, não foi tão difícil descobrir as novas partículas, denominadas *mesões*. Dois físicos americanos não tardaram a descobrir partículas semelhantes às citadas por Yukawa. Mas dois obstáculos se opunham à pesquisa exacta; daí o estranho aparato militar que Powell julgava necessário para as suas experiências. A estabilidade dos mesões não vai além de milionésimos de segundo. Como é possível registá-los? E o pior era que, mal se originassem, ainda que se dissipassem ràpidamente, as partículas poderiam chocar com protões carregados de energia, ou com outros núcleos atómicos. Nos possantes ciclotrões modernos, é possível comunicar aos protões uma enorme energia: há, porém, outra possibilidade de os estudar; tais partículas existem, animadas de energias muito superiores às que lhes podemos comunicar artificialmente, na radiação cósmica natural. Como nessas regiões aparecem átomos com os quais poderiam colidir, a uns trinta quilómetros de altitude subsistia apenas o seguinte problema: como registar os mesões?

A resposta foi simples: numa chapa fotográfica, ao longo da sua trajectória aparece um rasto, uma pista.

Percebemos agora a técnica experimental de Powell: basta-lhe ajustar o estojo das chapas fotográficas adaptadas ao balão que as levará a trinta quilómetros de altitude, e revelar as fotos quando o balão aterrar. Onde quer que os protões carregados de energia acertem nos núcleos atómicos da chapa, podem aparecer mesões.

Mas onde deve descer e ser recolhido o balão? Se este e as chapas caírem numa região sem estradas, as fotografias podem estragar-se antes de serem encontradas. Powell decidiu, portanto, que elas devem cair no mar e ser pescadas quanto antes. Lançou então o primeiro balão na Sardenha e acompanhou-lhe a ascensão. Mal o aeróstato começou a descer, um avião partiu na direcção do ponto onde ocorreria a queda, e assim que se descobriu no mar o envoltório do balão um contratorpedeiro veloz recolheu as chapas.

O processo de Powell deu bom resultado. Houve, naturalmente, muitos contratempos, como o do comandante de um barco pesqueiro, que descobriu o balão *antes* do navio de guerra e se apossou do envoltório e do cordame, atirando as chapas ao mar, desconfiado de que fosse alguma bomba.

Mas o exame dos resultados desse voo não permitiu aclarar absolutamente a situação. Pelo contrário! Encontraram-se até partículas elementares que bem poderiam subordinar-se à teoria de Yukawa; e não só essas, mas uma série adicional de outras. Não apenas Powell, mas também outros cientistas descobriram, uma após outra, tantas espécies de mesões que já não havia modo de lhes dar uma denominação. Eis que surgia uma situação singular da ciência: empregar anos a denominar as propriedades das novas partículas elementares, a fim de evitar equívocos.

Se deitarmos uma vista de olhos aos mesões conhecidos, veremos que é possível coordená-los, tal como Mendeleiev organizou, no seu tempo, os elementos químicos. Obtemos um

sistema periódico de partículas elementares, umas carregadas positivamente, outras sem carga e um terceiro grupo com carga negativa. As massas das partículas são expressas em múltiplos das massas dos electrões: 2586, 2335, 2182, 1837, 966, 270, 207. As partículas de massa 1837 não são rigorosamente mesões, são os nossos conhecidos neutrões e protões.

Se ampliarmos, consequentemente, a sistemática, amplia-se o sistema em torno de uma *antiparte*, da qual já conhecemos o antiprotão e o antineutrão, e na qual, ao lado dos antimesões, é possível colocar também o positrão. No sistema periódico das partículas elementares há ainda espaços vagos, tal como faltava uma série de elementos químicos na composição do já clássico Sistema Periódico. É de esperar que, cedo ou tarde, se venha a conhecer igualmente as estranhas partículas de cujas propriedades são já notórios os traços característicos.

Não desejamos alongar-nos em pormenores. Antes pretendemos abeirar-nos de outra questão: mais essencial ainda que o conhecimento de factos novos, é compreender *por que motivo* existem essas primitivas pedras de construção da matéria. Em que regularidade profunda se apoiam elas? Deparam-se-nos dois caminhos. Ou procurar compreender, nas mínimas subtilezas, *uma* espécie de partículas elementares e, partindo daí, deduzir as outras — o que é o mais difícil, pois entre todas as partículas conhecemos algumas cujas propriedades são relativamente fáceis de averiguar, embora haja outras que os nossos meios actuais não nos permitem definir com exactidão —, ou abalançarmo-nos a compor uma espécie de quebra-cabeça e tentar ao acaso completar um quadro válido com os conhecimentos até ao presente comprovados. Em qualquer das hipóteses, o resultado é uma fórmula.

Fórmula cósmica de Heisenberg

A mais recente dessas fórmulas universais, denominada geralmente *Fórmula Cósmica*, é a que devemos a Werner Heisenberg, que é hoje director do Instituto Max Planck de Física, em Munique.

Conta-se uma anedota que prova a sua inteligência excepcional. Numa radiosa manhã do ano de 1928, em Leipzig, um grupo de estudantes jogava ténis; entre eles encontrava-se Heisenberg, que, de repente, interrompeu o jogo, declarando:

— Agora tenho de ir para a aula.

— Para a aula, num dia tão bonito? — redarguiu-lhe o parceiro.

— Mas quem vai dar a aula sou eu!

Efectivamente, aos vinte e seis anos Heisenberg era professor. Aos trinta, foi distinguido com o Prémio Nobel, pelos seus significativos êxitos no sector da física teórica. A sua fórmula cósmica — exposta por ele mesmo em Lindau — não pode ser explicada aqui. Diremos, no entanto, alguma coisa a seu respeito.

$$\gamma_\nu \frac{d}{dx_\nu}\psi + l^2 \gamma_\mu \gamma_5 \psi (\psi^+ \gamma_\mu \gamma_5 \psi) = 0$$

Fórmula cósmica de Heisenberg

Esta fórmula pouco tem a ver com equações matemáticas vulgares. É antes uma formulação de raciocínios apresentada sob forma de equação, com símbolos e sinais aritméticos, por ser mais fácil e compreensível inscrever um encadeamento de ideias em sinais e letras convencionais do que em frases extensas. Tratava-se, em primeiro lugar, de selec-

cionar as leis fundamentais, se possível isentas de hipóteses não provadas, mas que, por outro lado, abrangessem vastos sectores, o que não saía, pois, do âmbito de experiências comuns, fisicamente *primitivas*. Vieram depois, tacteando, as sínteses e as ponderações sobre os recíprocos pressupostos. Seguem-se, finalmente, as associações que formam as relações entre os vários elementos mentais. Nada seria mais falso, do que chamar fantasista a um teórico interessado por esse trabalho. São, pelo contrário, a sua fantasia e a fertilidade da sua imaginação que o podem conduzir pelo único caminho viável. Muitos destes rodeios são inúteis. Com efeito, ainda que, em última análise, se sustente a teoria, não é sempre possível colocá-la imediatamente no seu lugar. Para provar a viabilidade de obra tão importante como uma fórmula cósmica, é preciso elaborá-la até às minúcias. Só a certeza de a fórmula conter factos experimentais concretos pode provar-lhe a exactidão e o valor.

Heisenberg funda o seu edifício teórico em quatro pilares. Primeiro, na afirmação normalmente aceite: a *matéria* existe. Chama-se matéria à massa física ligada aos conceitos de espaço e de tempo. Conhecemos, depois, *forças*, influências e acções recíprocas. Mas o que sucede com a matéria e as forças, passa-se de certo modo, segundo determinadas regras, segundo as leis da natureza. Finalmente, devemos acreditar que tudo o que acontece tem uma causa; acreditamos na *causalidade*. Logo, parece evidente que um efeito não possa preceder a sua causa, e que ambos — para formularmos um caso-limite — não podem, absolutamente, ocorrer ao mesmo tempo. Se for a velocidade o resultado da causa, ainda que se trate da velocidade da luz, é necessário certo tempo para desencadear um efeito; portanto, *não simultaneidade*.

Todos estes e muitos outros raciocínios tiveram de ser traduzidos em linguagem matemática, e o empreendimento só teria sentido se os últimos embasamentos coincidissem com as partículas elementares da matéria. Da consideração

das suas propriedades e das suas relações recíprocas resultou, por certo, a fórmula.

Os anos vindouros dirão se ela é exacta. Se o for, poderemos, em primeiro lugar, derivar dela todas as propriedades já conhecidas das partículas elementares. O que já sabemos é uma pedra-de-toque da exactidão da fórmula, mas a sua comprovação está longe de ser fácil; é um complexo problema matemático-físico-nuclear. Secundàriamente, porém, a fórmula deve demarcar os limites dentro dos quais existe uma partícula elementar, que distribuições de carga eléctrica e de massas de matéria se adaptam umas às outras, a ponto de formarem uma unidade. As partículas elementares conhecidas têm de ficar dentro deste limite. Daí em diante, a fórmula deve dar-nos a possibilidade de dizer se há outras partículas elementares que ainda desconhecemos. A fórmula cósmica há-de poder enunciar as relações existentes entre as partículas elementares e explicar como se há-de formular um sistema periódico das partículas elementares.

Para concluir, digamos que se não deve esperar mais de uma fórmula cósmica. É possível que não haja desacordo aparente na fórmula cósmica, mas que esta esteja errada. Também não deve excluir-se o contrário! Nos nossos muitos decénios de pesquisa exacta da Natureza, é possível que nos tenha escapado, nalgum ponto, alguma falha ou algum erro que só agora notamos, porque aparentemente a fórmula não combina. Estará a nossa ciência à altura de estabelecer uma fórmula cósmica? E possuímos, além disso, material suficiente para a verificar? Eis o que será provado, dentro de alguns anos.

O que nós vemos é o passado

Assim, revela-se-nos o caminho da contemplação da natureza pura, passando pela pesquisa astronómica e pelo conhecimento dos alicerces elementares até à fórmula cósmica. Da presunção de ser o universo tal se nos apresenta a olho nu, à dedução de uma fórmula que, em breve, há-de ser a pedra-de-toque da exactidão de todas as observações das ciências naturais, decorreram apenas alguns séculos. Foram em primeiro lugar os instrumentos novos, como o telescópio, que nos ajudaram a ampliar a nossa imagem do Universo; e devemos esperar da radioastronomia um recurso equivalente. No entanto, a pesquisa atómica e a física nuclear têm-se mostrado tão importantes para a compreensão do Universo quanto a astronomia. Não basta, com efeito, ver e registar no Cosmo massas de estrelas e nuvens de poeira. Para compreender como se originou todo esse conjunto precisamos conhecer os processos elementares. Associando então as duas linhas de pesquisa, teremos perspectivas como a antimatéria; ou problemas como o de existir de facto apenas o nosso universo.

Deveríamos, na verdade, contentar-nos com o que ouvimos até hoje dos físicos e dos astrónomos. Por outro lado, cumpre reflectir em que é breve o lapso de tempo decorrido desde que os recursos modernos nos habilitaram a efectuar medições exactas no Cosmo. Por isso, perguntemos: trezentos ou quatrocentos anos de cálculos astronómicos serão suficientes para obter uma concepção que abranja realmente a totalidade do universo? Se compararmos a brevidade destes três ou quatro séculos com a idade do Cosmo, conforme a deduzimos, surgirão evidentemente dúvidas. Como admitir que seja típico dos processos universais tal lapso de poucas dezenas de milhares de rotações da Terra em torno do Sol? Também se nos depara uma dificuldade a bem dizer irre-

movível, que citámos em páginas precedentes. Vemos a «nossa imagem» do universo; nunca, porém, o lugar onde estão hoje as estrelas. Olhando para elas, alongamos os olhos no passado. O que vemos é a posição dos astros, há anos ou milhares de anos, quando emitiam esta ou aquela intensidade de luz. Se dispuséssemos, há milénios, de indicações astronómicas exactas, as tendências da sua evolução evidenciar-se-iam com segurança. Presentemente estamos aptos a empregar os mais recentes recursos técnicos, a aventurar-nos aos extremos limites das meditações; e temos de tomar em consideração possibilidades de erro muito mais amplas do que na maior parte dos demais cálculos científicos.

Por mais interessantes que sejam estes problemas, e apesar de todas as experiências, o que nos resta é preparar uma viagem ao espaço cósmico, averiguando primeiro o que se passa com o nosso planeta, a Terra. Temos conhecimento da existência duma vida vegetal e animal multiforme neste planeta do Sol. Com que contribuiu a ciência, nos tempos modernos, para elucidar a sua história?

PARTE III

A água acumulou-se sob o céu em lugares especiais para que sobressaísse a terra enxuta

1. Moisés 1.9

Em trecho algum do *Génesis* se menciona que o aspecto da Terra tenha mudado depois da criação do nosso planeta. Todavia, assim como a criação não terminou, também o globo terrestre não assumiu ainda a sua forma definitiva. Sem cessar, submergem e afloram continentes, avultam montanhas, altera-se a aparência dos oceanos, deslocam-se os pólos — tudo isto imperceptível aos olhos, mas registado por instrumentos.

É já familiar o conceito das eras glaciárias, mas a Bíblia não cita essas oscilações climáticas descomunais. Que se pode porém dizer, baseado em pesquisas científicas, sobre o clima terrestre nas eras remotas?

Sabemos como se modificaram as tempera-

turas em muitos milhões de anos e que direcções de vento predominam em determinados lugares; podemos explicar as grandes mudanças climáticas dos continentes. Na Antárctida, grupos de investigadores estudam um continente onde outrora medraram plantas e vivia um opulento reino animal.

A Bíblia separa nìtidamente os conceitos «Céu» e «Terra». Hoje verifica-se que isto não é possível. Não há fronteiras firmes entre a Terra e o Cosmo. A poeira do espaço cósmico cai sobre o nosso planeta. Os gases das camadas superiores da atmosfera dispersam-se no Universo. Forças colossais actuam entre os astros.

CAPÍTULO I

A TERRA DESCONHECIDA

O URANIO NÃO ESTÁ REGISTADO — A ALEMANHA SUBMERGE E VEM À SUPERFÍCIE — ESTUDANDO O CENTRO DA TERRA — SERÁ LÍQUIDO O NÚCLEO DA TERRA? — TEMOS UMA «CIÊNCIA» DE BACTÉRIAS — UMA TORRE DE PERFURAÇÃO NO ALTO MAR

Onde quer que nos encontremos — contanto que não seja em qualquer das derradeiras plagas completamente inexploradas — podemos identificar tudo o que existe à direita, à esquerda, adiante e atrás de nós. Abrangemos com os olhos o nosso ambiente limitado. Um mapa revela-nos o que está para além do horizonte. Se dispusermos de um mapa, na escala de 1:25 000, podemos até dizer onde fica o grande edifício mais próximo e que distância nos separa dele. Reconhecemos riachos, prados, florestas, edifícios, localidades. Não raro, é até possível dizer se em certos bosques temos pela frente muralhas de pedra bruta ou taludes com vinhedos.

Surpresas, ainda que menores, pode reservar-nos a atmosfera. A dez ou quinze quilómetros de altitude, identificamos, no céu, um caça a jacto, quer pela linha de gás condensado, quer através do radar. Os telescópios dos observatórios ano-

tam, dia e noite, o que se passa — ou se passou — no Cosmo, longe da Terra muitos anos-luz.

Só numa direcção se verifica uma carência desoladora de conhecimento sobre o que se encontra e sucede na nossa vizinhança imediata e relativa: isto é, debaixo de nós. Vemos, realmente, o solo que pisamos. Mas como é ele por baixo? Que há sob o asfalto das camadas de húmus do fundo de uma lagoa?

Existem, é certo, mapas geológicos especiais. Desde há séculos que, na pesquisa das riquezas do subsolo, se está a fazer a cartografia exacta de determinadas regiões. Em 1743, por exemplo, desenhou-se na Inglaterra um mapa da extensão dos rochedos, nas vizinhanças de Cantuária. Em 1761, imprimiu-se um mapa em relevo sobre a natureza dos solos, nos arredores de Iena, Weimar, Ilmenau e Saalfeld. Desde 1866 que são numerosos, na Alemanha, os mapas regionais, na escala de 1:25 000. No entanto, tais levantamentos estão longe de abranger todo o país. Não apenas o material disponível é antiquado, como ainda não existem mapas geológicos de vastas zonas das planícies setentrionais, especialmente certas áreas do Meclemburgo ou das grandes planuras meridionais e de alguns sectores da Baviera.

O leitor atento sente-se inclinado a considerar exagerada a expressão *antiquado*. No fim de contas, depois que apareceram esses mapas, apenas se enxugou um ou outro charco, se regulou o curso de um rio, lançando-o talvez noutro leito, se drenou ou represou determinada extensão da margem de um lago, o que, no entanto, torna um mapa geológico obsoleto.

Além disso, não devemos ainda esquecer-nos de que o geólogo, autor desse mapa, tem possibilidades limitadas: não pode desenhar muito mais do que viu. Embora desconfie do que possa existir, sob a camada superior, não o pode expor claramente. Se viu, por exemplo, areia lodosa, registará, baseando-se no conhecimento das manifestações secundárias:

«Leito plano de um antigo curso de água; areia lodosa.» Com o auxílio de um perfurador, talvez consiga demonstrar que esse lameiro tem mais de dois metros de espessura; e não lhe resta muito mais a fazer. Um processo desse género é, sem dúvida, insatisfatório. Consequentemente, todas as declarações sobre a espessura dos vários extractos de rocha são feitas, em geral, com a máxima circunspecção, a não ser que haja nessa zona perfurações profundas ou muralhas de pedra que permitam deduzir informações sobre a estratificação e a espessura das camadas. Geólogos e mineralogistas andam por isso continuamente à procura de lugares que lhes dêem maiores e melhores elucidações, isto é o que tais cientistas denominam *afloramentos*. São muito discretos na escolha desses afloramentos: uma pedreira de saibro, um corte na estrada, uma escavação profunda, em suma, qualquer sítio onde se cave desperta-lhes o interesse. É evidente que as grandes obras de construção de rodovias, nos últimos decénios, trouxeram à luz numerosos afloramentos, possibilitando, portanto, a elaboração de mapas geológicos mais preciosos.

O urânio não está registado

Nos últimos anos, um exemplo prático pôs em evidência as limitações da utilidade dos antigos mapas geológicos. O urânio tornou-se, económica e tècnicamente, um metal de interesse, mais importante até que o carbono. Mas onde está o urânio na Europa? Seria lícito pensar que deve haver quem saiba esclarecer em que rochas ou jazigos aparece urânio, ou minério de urânio. E tais rochas e depósitos subterrâneos estarão mencionados nos mapas geológicos? Isso, pelo menos para nós, tornaria a procura de urânio um mero trabalho de gabinete. Porém, os técnicos não tardaram a reconhecer que, em princípio, o urânio pode aparecer em toda a parte. Há estratificações primárias e secundárias. O melhor processo é

utilizar um contador Geiger e ir passear ao ar livre. Para prospecções do urânio, o nosso material cartográfico, a bem dizer, não tem valor.

Mas o exame do conteúdo da crosta superficial da Terra deu um resultado: sabemos hoje exactamente, até às pequenas percentagens, de que elementos ela se compõe. Para excluir qualquer equívoco, diga-se uma vez mais o que entendemos, neste sentido, por crosta terrestre: é a terra firme da superfície do globo, exceptuadas as massas de água dos oceanos e as partes componentes da atmosfera.

Se tivéssemos diante de nós uma tonelada de amostra média da crosta terrestre, ela conteria, entre outras coisas, as seguintes quantidades de elementos químicos:

466 quilos de oxigénio
277 » » silício
81 » » alumínio
50 » » ferro
36 » » cálcio
28 » » sódio
26 » » potássio
26 » » magnésio
4 » » titânio

Acrescentemos um quilo de hidrogénio, de fósforo e de manganés. Os demais oitenta elementos químicos só aparecem em doses de gramas, se não em simples vestígios.

E mais: cento e trinta gramas de zinco, oitenta de níquel, setenta de cobre e setenta de volfrâmio. Encontramos ainda cinco gramas de arsénio e quatro de urânio, mas a prata figura apenas com um décimo do grama, e o ouro e a platina, com cinco milionésimos do grama.

As quantidades colossais de oxigénio (466 quilos) e de silício (277), este último metalóide quase desconhecido do leigo, parecem surpreendentes. Estes elementos, combinados

quìmicamente — dando origem à fórmula $Si O_2$ —, entram na composição da areia, do quartzo, das rochas siliciosas, sumamente comuns. Todas as rochas primitivas, todas as rochas sedimentares constam de quase 60 % de $Si O_2$. Outro tanto contém a ardósia, enquanto o arenito comum chega aos 78 % da combinação silício-oxigénio.

Se é certo que nós, os leigos, mal fazemos ideia do que existe a dois metros apenas abaixo dos nossos pés, pouco melhor é o conhecimento dos técnicos relativamente às grandes profundidades. As perfurações da terra ainda não desceram a mais de oito mil metros e nenhum mineiro alcançou sequer a profundidade de quatro mil metros. A perfuração mais funda, na Alemanha, foi feita entre Rotenburgo e Tostedt, na orla noroeste da charneca de Luneburgo, onde se ultrapassou pela primeira vez, em território alemão, o limite de cinco quilómetros. E o mais significativo é que os geólogos não conseguem distinguir claramente os grandes traços fundamentais das formações rochosas.

A Alemanha submerge e vem à superfície

Consideremos agora o que se passou, no curso de milhões de anos, na área da Alemanha. O processo geológico mais antigo de que se tem conhecimento exacto ocorreu há uns setecentos milhões de anos; foi uma formação de montanhas, reconhecíveis na Turíngia e na Saxónia, que se estenderam da Escócia à Europa Central. Já então existiam as primeiras formas rudimentares de vida, susceptíveis de serem comprovadas: algas e vermes. Duzentos milhões de anos depois, o solo afundou-se consideràvelmente; massas de água arremessaram-se para tais depressões, que se converteram no braço lateral de um grande mar. Há muitas presunções a favor da hipótese de a Alemanha, a princípio, não haver sido inun-

dada; naquela ocasião, porém, submergiu igualmente. Com estes movimentos do solo iniciou-se a actividade vulcânica.

Não se alterou, nos cem milhões de anos seguintes, a forma do mapa; a Alemanha continuava a ser leito de mar; entrementes, o reino animal enriquecia-se cada vez mais. O facto mais importante foi a aparição dos primeiros vertebrados, há uns quatrocentos milhões de anos. Seres realmente estranhos, os chamados peixes blindados, cuja cabeça era protegida por um capacete de ossos.

Decorridos outros cem milhões de anos, voltou à tona, em primeiro lugar, uma parte da Alemanha Meridional. Alcançaram-se também as regiões sententrionais e, há trezentos e vinte milhões de anos, o leito do mar do Norte foi talvez terra firme. Entretanto, a actividade vulcânica acentuava-se consideràvelmente. Durante a submersão, aglomerara-se muito material formando pedras sedimentares; iniciava-se o enrugamento das montanhas submarinas.

No período carbonífero, há uns duzentos e oitenta milhões de anos, aflorou à superfície das águas uma segunda ilha, oblonga, de dimensões relativamente pequenas, nesga de terra que abrange o Hunsruck, o Tauno e as regiões ao norte do Meno. A bem dizer, já não havia limites para os reinos animal e vegetal. Junto das cavalinhas e dos fetos gigantes apareceram as coníferas. O mar hospedou mariscos, corais, caracóis, formas animais já extintas há muito. Surgiram os primeiros sáurios, répteis disformes, de três metros de comprimento, obrigados pela conformação da sua dentadura a alimentarem-se de ervas. Ainda nessa época, o mar recuou mais. As duas faixas insulares tornaram-se terra firme. Restou uma espécie de vala, escoando-se em rumo oeste-leste, através do território do Ruhr e da Alemanha Central, até à Alta Silésia. Transbordava periòdicamente e cobria-se de opulenta vegetação palustre. Foi a época em que medraram as plantas cujos restos exploramos hoje como carvão de pedra.

Contudo, esse mundo vegetal quase tropical não vicejava

em sossego. O mar invadia-lhe, ao norte, o território. A Alemanha Setentrional e parte considerável da área meridional desapareciam frequentemente sob as águas, que, ao retirarem-se, deixavam grandes lagunas, cuja água salgada se evaporava lentamente. Assim se originaram as salinas. As camadas de sal que conhecemos hoje chegam a ter de cinquenta a oitenta metros de espessura. Não faltam, porém, extractos salinos a cerca de seiscentos metros de profundidade.

Chegamos à chamada *idade média da Terra*, o período decorrido há uns duzentos milhões de anos. No princípio, a maior parte da Alemanha era terra firme. As constantes invasões do mar, vindas do sul, traziam, com novas quantidades de sal, arenito variegado e calcário conchífero. Pela porta da Borgonha, o *mar de calcário conchífero* submergiu-a aos poucos, mas quase completamente, deixando enxuta só uma ilha maior a nor-sudoeste da actual Frankfurt. O rico mundo vivo desse mar pouco profundo deixou após si, no território alemão, extractos de calcário conchífero que atingem duzentos e cinquenta metros de espessura.

Passaram-se mais cinquenta milhões de anos. O nível do território alemão baixou uma vez mais, vastas depressões voltaram a ser inundadas, com alternações consideráveis da estrutura geológica. No Noroeste da Alemanha houve rupturas; a Alemanha Central elevou-se mais. No Sul, onde cento e trinta milhões de anos antes se configuravam os Alpes, também não reinava a estabilidade. Se a época anterior apresentara os primeiros mamíferos, nesta apareceram as primeiras aves e, com elas, os sáurios alados. Serão estes os dragões do mundo das fábulas?

Aproximamo-nos geològicamente do tempo moderno. Marquemos-lhe o princípio no período iniciado há uns sessenta milhões de anos. Formam-se então as estruturas que ainda hoje aparecem nos nossos mapas. Elevações e depressões do solo fornecem à bacia do Reno, o Harz, a floresta da Turíngia, os Herzgebirge. Em Siebengebirge, em Eifel e em muitas

outras localidades manifesta-se novamente a actividade vulcânica, por vezes com erupções de pó e lava. Os Alpes ganham mais altitude, com maiores enrugamentos. Pela última vez e apenas por breve espaço o mar consegue formar alagadiços até ao golfo de Leipzig. É o período que nos presenteia com a lenhite e o âmbar.

O que se segue é o capítulo da geologia que estudamos habitualmente sob o título de época glaciária. Ainda se encontra, a cada passo, cascalho e massas rochosas desse período. Os Urstromtäler, os Seenplatten, o mar do Norte, o mar Báltico, alcançaram então a sua configuração actual.

Se esta alternância de enchentes, períodos tropicais e estiagem, de calor e de frio, de deserto e reinos animal e vegetal é já variada e colorida no âmbito da área alemão, que dizer de regiões mais extensas. Eis o quadro, surpreendentemente exacto, desenvolvido pelos geólogos e paleontólogos — a paleontologia é a ciência da história dos reinos animal e vegetal.

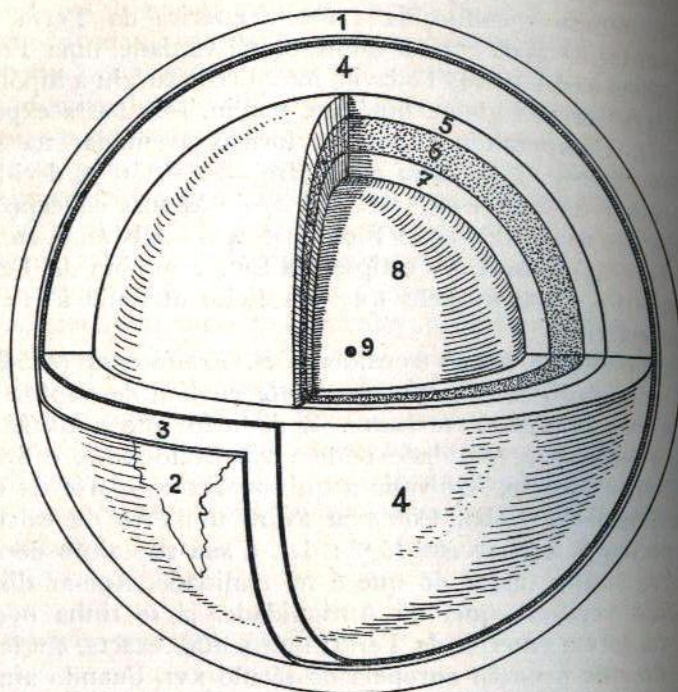
Mas subsiste por responder a questão: que esconde a profundidade?

Estudando o centro da Terra

Em Julho de 1958, uma exploração petrolífera no Texas atingiu a profundidade aproximada de sete mil e trezentos metros, número que atesta uma realização de vulto na técnica da perfuração. Mas que são, por outro lado, sete mil e trezentos metros de distância da superfície em que pousam nossos pés? Até ao centro da Terra, a distância orça pelos seis mil trezentos e setenta quilómetros. Nessa perfuração — a única com tal alcance — não vencemos sequer a octingentésima parte dessa profundidade.

É necessário compenetrarmo-nos de que, pràticamente, não possuímos conhecimentos experimentais seguros sobre o interior do nosso planeta.

Isto é tanto mais de se estranhar se considerarmos há quanto tempo é conhecida a forma esférica da Terra. As representações mais antigas mostram, na verdade, uma Terra plana, isto é, um disco. Todavia, muito cedo surgiu a hipótese da Terra ser um globo, hipótese, porém, sem bases experimentais. Comparando depois as formas aventadas na sua época — disco, cubo, esfera e cilindro —, Aristóteles decidiu-se a favor da forma esférica. Em apoio às suas concepções, aduziu não só considerações filosóficas, mas também, já então, a observação de que, nos eclipses da Lua, a sombra da Terra era sempre circular, pelo que era lícito atribuir à Terra forma esférica.

Estribando-se nessas considerações, Eratóstenes (275-214 a. C) conseguiu *determinar, mediante medida da sombra do Sol, a circunferência terrestre*. E deduziu que a distância entre Alexandria, a cidade onde vivia Eratóstenes, e Syne, a hodierna Assuão, equivalia à quinquagésima parte da circunferência do globo. Cometeu assim um erro de cálculo que podemos avaliar em 15 %; daí, a sua suposição de ser a Terra muito maior do que é na realidade. Apesar disto, podemos verificar que, na Antiguidade, já se tinha noção clara da forma exterior da Terra; muito mais exacta, em todo caso, do que a noção europeia do século XVI, quando ainda se considerava a Terra um disco, encimado de uma abóbada celeste bordada de estrelas. Desde que abriram, pela primeira vez, poços no interior da Terra, os homens viram-se diante de um mundo maravilhoso. Teceram lendas e fábulas em torno de tesouros subterrâneos, de bronze, metais nobres, pedras preciosas. Duendes, génios e fantasmas deslizavam em passagens e precipícios, por entre reflexos sangrentos de velas e archotes. Mas que adiantou isso aos nossos conhecimentos? Uma das experiências mais antigas foi a de que nas minas o calor aumenta uniformemente: tanto mais quente quanto mais funda for a escavação. Medidas exactas evidenciaram que, de trinta em trinta metros, a temperatura se eleva um

Camadas do globo terrestre. *Este esquema baseia-se em suposições, visto não possuirmos ainda um conhecimento seguro da estrutura interna do nosso planeta. Quase todas as hipóteses admitem a existência, no interior da Terra, de zonas com propriedades diferentes e um teor em ferro que vai aumentando à medida que se caminha para o centro do globo. Não se deduza daí, porém, que o interior da esfera terrestre esteja dividido em camadas definidas, dado que as transições são instáveis. 1 — Invólucro atmosférico (500 km de espessura). 2, 3 e 4 — Conjunto constituído por um revestimento rochoso, com a densidade de 3,4, o volume de 504 biliões de km³ e o peso de 1714 triliões de toneladas, sendo 2 a zona de ruptura (densidade 2,6), 3 a zona instável (densidade 3) e 4 a bacia primitiva, formada de pesadas massas de pedra (densidade 3,4), com a profundidade de 120 a 1200 km; a orla externa, que constitui o plano de compensação isostático, tem a pressão de cerca de 28 000*

grau centígrado — o que era mais natural do que calcular agora como será aos dez ou aos cem quilómetros. No centro da Terra deveria então reinar um calor fantástico; à temperatura de cerca de 190 000° C tudo se derrete, entra em fusão. Mesmo actualmente, considerações mais objectivas sobre a temperatura no centro do globo terrestre deixam uma margem de 1000 a 12 000° C — o que é típico da nossa ignorância do núcleo da Terra. Em 1960, publicou-se um trabalho que, baseado em medidas mais recentes, concluía a favor de uma temperatura de 2900° C. Não podemos registar como certo muito mais do que já sabiam os mineiros da Antiguidade: o calor aumenta na razão directa da profundidade do poço.

Será líquido o núcleo da Terra?

A bem dizer mais excêntricos do que as nossas especulações acerca das temperaturas no interior da Terra são os nossos conhecimentos relativos às condições de pressão. O que medimos na crista terrestre é a conhecida medida-padrão: uma atmosfera. Que mudanças sofrem as condições, à medida que nos aproximamos do centro do nosso globo? Sabe-se — e

atmosferas e a temperatura aproximada de 900° C, enquanto a orla interna está sujeita à pressão de cerca de 500 000 atmosferas e à temperatura de perto de 1600° C. 5, 6 e 7 — Camadas intermediárias, constituídas por silicatos (com protuberâncias metálicas), sulfitos e óxidos, entre os quais 70 % de sulfito de ferro; as profundidades dessas camadas são, respectivamente, as seguintes: até 1700 km, até 2400 km e até 2900 km, e o volume, com uma densidade de 6,4, é de 404 biliões de km³, pesando 2581 triliões de toneladas; a natureza das subdivisões é totalmente desconhecida. 8 — Núcleo de ferro: densidade, 9,6; volume, 175 biliões de km³; peso, 1685 triliões de toneladas, com 88% de ferro, 6 a 10% de níquel e resíduos onde predominam carbono, fósforo, cobalto e platina; quanto à solidez do núcleo, calcula-se ser múltipla da do aço. 9 — Centro da Terra: profundidade, 6370 km; pressão, 1,5 a 3 milhões de atmosferas; temperatura presumível, 3000 a 4000° C

é possível provar experimentalmente — que, aumentando a profundidade, aumenta a pressão das camadas rochosas. Mas até que ponto pode elevar-se a pressão? Se calcularmos o peso das massas subterrâneas, obteremos o número inconcebível de três milhões e quinhentas mil atmosferas. Mal podemos fazer ideia das consequências de semelhante pressão na matéria terrestre. Nem podemos comprová-las. Os próprios aparelhos mais aperfeiçoados de alta pressão — como os que servem, nos Estados Unidos, para a produção de diamantes artificiais — não alcançam em geral a região de cem mil atmosferas. Já a essa pressão, porém, as matérias conhecidas adquirem propriedades estranhas. Segundo as informações mais recentes, no fabrico sintético de diamantes um dos factores decisivos consiste em que, sob a citada pressão, um pedaço de mineral pirofilita, que à pressão normal funde aos 1315° C, pode agora ser exposto a temperaturas de 2630° C. Outro exemplo impressionante é fornecido pelo gelo que, notòriamente, se funde acima de 0° C. Se submetermos o gelo à pressão de quarenta e cinco mil atmosferas, ele continua a ser gelo, embora com a temperatura de 220° C. Aquilo é gelo? Parece uma contradição. Entretanto, a ciência confirma o facto.

Embora a pressão no interior do nosso globo deva ser muito inferior ao citado valor de mais de três milhões de atmosferas, temos ainda de contar com muitas surpresas nas entranhas da Terra. E esta não deixa de ser uma das razões da inifinidade de teorias sobre a constituição interna da Terra, isto é, sobre as estruturas que a crosta acessível encobre aos nossos olhos. As erupções vulcânicas devem ter originado a hipótese muito antiga de ser o globo terrestre sólido, mas crivado de cavidades, gretas e fendas que contêm lava em fusão.

Uma cratera extinta sugeriu a Júlio Verne a sua narrativa fantástica de uma viagem ao centro da Terra. Também existe a hipótese de ser o interior do globo totalmente líquido, se

não gasoso. A observação da actividade vulcânica levou, por muito tempo, a conclusões erróneas. Afigura-se natural deduzir do material das erupções vulcânicas as condições internas do globo terrestre. Para os geólogos da Antiguidade, uma cratera era sem dúvida uma espécie de janela sobre o interior do planeta.

A vulcanologia, como ciência, é portanto muito antiga. Plínio, o Velho, no ano 79 d. C., obedecendo ao seu impulso de pesquisador, arriscou a vida, durante uma erupção do Vesúvio. Avançou temeràriamente na zona coberta de lava ardente e de cinza, para estudar a causa do fenómeno. Sucumbiu, sufocado pelas exalações.

Por largo espaço, foram limitadas as descrições das erupções vulcânicas. Para imaginar como elas se passavam nas entranhas da Terra, não bastavam os conhecimentos de física e de química. Donde vem o magma? Como chega à superfície do solo? Donde deriva a energia térmica libertada? Onde brota a água, parte principal dos vapores vulcânicos? Como se originam as crateras colossais? Quando e como se produz a erupção? Só desde há relativamente pouco tempo podemos aventurar-nos a dar a estas questões respostas fundadas em bases positivas.

O magma, por exemplo, de modo algum pode provir de um centro da Terra em fusão. Sabemos, pelo contrário, que inicialmente ele existe entre os cinquenta e os sessenta quilómetros de profundidade. O magma só se torna líquido ao alcançar a orla da crosta terrestre.

Sobe lentamente, acumula-se em depósitos secundários, isto é, em reservatórios situados entre um e cinco quilómetros de profundidade. Dali é expelido depois. Sobre a origem das quantidades enormes de calor, para aquecer o material magmático, ainda hoje não temos noções certas. Haverá, na crosta terrestre, correntes ilimitadas de calor? Ocorrem acaso, no interior do globo, determinadas decomposições químicas, carregadas de energia — oxidações ou outras reacções de gases

vulcânicos? São provàvelmente essas as zonas que, em razão do seu superaquecimento local, proveniente duma deslocação recíproca e do atrito a ela ligado, provocam os grandes desmoronamentos continentais. Extremamente improvável é que o calor derive de decomposições radioquímicas; com efeito, neste caso, durante as erupções vulcânicas, deveria ser expelido material radioactivo, o que nunca se observou, até hoje, em medida plausível.

É de supor, pelo contrário, que no curso das épocas geológicas, enormes quantidades de água hajam sido arremessadas do interior da Terra por vulcões (inclusive águas termais vulcânicas e fontes gasosas). De trinta a quarenta quilómetros de profundidade, o magma pode conter livremente água, na proporção de 10 %.

Nos últimos anos, foi possível explicar cientìficamente muitos fenómenos de actividade vulcânica. Daí não podemos, no entanto, esperar esclarecimentos exactos sobre as profundidades do centro da Terra.

Temos uma «ciência» de bactérias

As teorias modernas sobre as profundezas da Terra deveriam explicar exactamente duas coisas: a *densidade* e a *estrutura em cápsula* do interior do globo terrestre. Primeiramente, graças aos mais diversos cálculos, conhecemos muito bem o peso da Terra, que, embora expresso em toneladas, é um número muito grande: um seis, seguido de vinte um zeros. Consideremos agora o valor de que ele depende, isto é, a chamada densidade, comparado a um volume equivalente de água. Obtemos o quociente 5,5. Logo, a Terra é cerca de cinco vezes e meia mais pesada do que se fosse de água; infelizmente este cálculo não dá certo, em relação à nossa crosta terrestre, cuja densidade média mal atinge o valor de 2,7/2,8, ficando assim demonstrado que, no interior

da Terra, onde quer que seja, deve ocultar-se alguma coisa de peso apropriado para estabelecer o equilíbrio. Mas o quê?

Convém considerar uma segunda descoberta. Nos terramotos, ou nas grandes explosões — de uma bomba atómica, por exemplo —, um tremor percorre o nosso planeta. Com o auxílio de instrumentos sensíveis, essas vibrações são registadas exactamente, quanto à intensidade e à duração. Quando o abalo é digno de nota e o solo não tremeu precisamente no local onde está o instrumento, pode ocorrer que o aparelho registe a vibração, não uma, mas várias vezes. É fácil a explicação do fenómeno. Primeiro, as ondas do tremor convergem para o aparelho registador ao longo da crosta terrestre. Em segundo lugar, uma série de ondas vai transversalmente, em maior ou menor profundidade, pelo centro da Terra, ao local do registo. Também pode ocorrer que os abalos do interior da Terra sejam reflectidos na crista terrestre; neste caso, a linha do medidor talvez acuse, no espaço de um quarto de hora, três, quatro ou cinco vezes a mesma vibração. Sabendo-se, porém — e este é em geral o caso —, quando e onde se deu o tremor, pode-se averiguar a direcção seguida pelos abalos. Se quisermos explicar o fenómeno, não poderemos evitar uma hipótese: o interior da Terra deve ser formado de envoltórios de material de diferentes densidades.

Antes de examinarmos separadamente em que consistem esses envoltórios da Terra, procuremos classificá-los em conjunto. Todos os geólogos concordam em que existem um núcleo e uma crosta terrestre. Atribui-se a essa crosta uma espessura de quarenta a cento e vinte quilómetros. Seguem-se, até mil e duzentos ou dois mil e novecentos quilómetros de profundidade, mais duas camadas, após as quais se encontra o núcleo. Não há dúvida quanto aos materiais componentes da crosta terrestre: granito e basalto. Mas, depois, entram em discussão pelo menos seis propostas, para corresponder às diferentes hipóteses; admite-se uma cápsula e magma líquido; um material semelhante ao dos meteoritos de ferro e de

pedra; ou ainda, simplesmente, *silicato*. Não menos divergentes são as suposições acerca do que constitui o núcleo da Terra. Presume-se, em geral, que seja uma liga de ferro e níquel; mas de que o núcleo seja sólido, líquido ou gasoso não há o mínimo indício de certeza.

Esta ignorância é profundamente lamentável. Vivemos na Terra, aperfeiçoamos dia a dia as nossas possibilidades técnicas, ganhamos batalhas científicas, estamos ante a conquista do Cosmo. Esquecemo-nos, porém, de estudar a fundo a Terra por baixo de nós.

Sobre o nosso *habitat*, descontando certo exagero, sabemos tanto quanto sabe uma bactéria acerca do terreno nutritivo em que se cria.

Uma torre de perfuração no alto mar

Que se há-de fazer? A ideia que logo acode é: perfurar sistemàticamente, com objectivo científico. No entanto, semelhante empreendimento seria, sem dúvida, tão dispendioso como a exploração do Universo. Logo, enquanto a crosta terrestre não tiver interesse do ponto de vista militar — a última coisa que poderíamos desejar a nós mesmos — devemos renunciar à sua exploração sistemática em grande escala. Admitindo, porém, que, um dia, decidamos perfurar, por onde começaremos? É óbvio que não será no alto duma montanha, para verrumar primeiro essa altura. Quanto mais fundo principiarmos, tanto menos onerosa será a perfuração. Se pudéssemos praticá-la em pleno mar, por exemplo, a uns dez quilómetros de profundidade, pouparíamos essas escavações. Quem conhece os monstros actuais que são as torres de perfuração e a solidez com que têm de ser montadas, não vê, em princípio, inconveniência ou impossibilidade de perfurar de bordo dum navio.

Porém, não é possível ancorar um navio no alto mar com

a firmeza necessária para que uma barra giratória, de muitos quilómetros de comprimento, se não incline. Maiores probabilidades de êxito se devem atribuir ao processo turbo-perfurador que está sendo desenvolvido, especialmente na U. R. S. S. Neste sistema, gira só o turbo-perfurador, movido hidráulica ou elèctricamente; a barra permanece imóvel.

Por outro lado, o argumento a favor da perfuração no alto mar não é só a possibilidade de poupar alguns quilómetros de perfuração. Segundo antigas teorias, os nossos continentes, a terra firme, *flutuam* à maneira de grossas jangadas ou de grandes blocos de gelo, numa camada profunda, relativamente móvel. Teria, pois, certo sentido perfurar esses blocos. As superfícies oceânicas, porém, estão completamente livres desses blocos continentais e dos seus restos. Naturalmente, no fundo do mar há camadas de estratificações de várias espécies. Mas que significa isso em comparação?

Todavia, o que empresta um encanto peculiar à perfuração submarina é a perspectiva de alcançar e atravessar a *Linha Mohorovicic*, assim denominada em homenagem ao dr. Andrija Mohorovicic, director do Observatório Astronómico de Zagreb, que em 1909, mediante a exploração da curva sismográfica de um tremor de terra de intensidade relativamente reduzida, fixou o centro do movimento sismico acerca de quarenta quilómetros ao sul de Zagreb. O aparelho de Mohorovicic registara exactamente todos os abalos. Primeiro, o tremor ocorrera em torno da superfície da Terra; outras sacudidelas tinham enviado ondas às profundezas do globo, ali reflectidas e registadas. Outros ziguezagues da curva, porém, só seriam explicáveis se as vibrações do abalo houvessem percorrido uma camada profunda onde lhes fosse possível propagar-se com mais velocidade do que na superfície da crosta terrestre. Nas rochas sólidas superiores, a velocidade das ondas orça pelos sete mil metros por segundo, enquanto na chamada Linha Mohorovicic este valor eleva-se a oito mil e duzentos metros por segundo.

Talvez exista várias possibilidades de interpretação deste fenómeno. Qual a sua verdadeira causa? A não ser tudo uma ilusão, a Linha Mohorovicic representa o envoltório externo da nossa superfície terrestre. É o plano limítrofe da forma do nosso planeta.

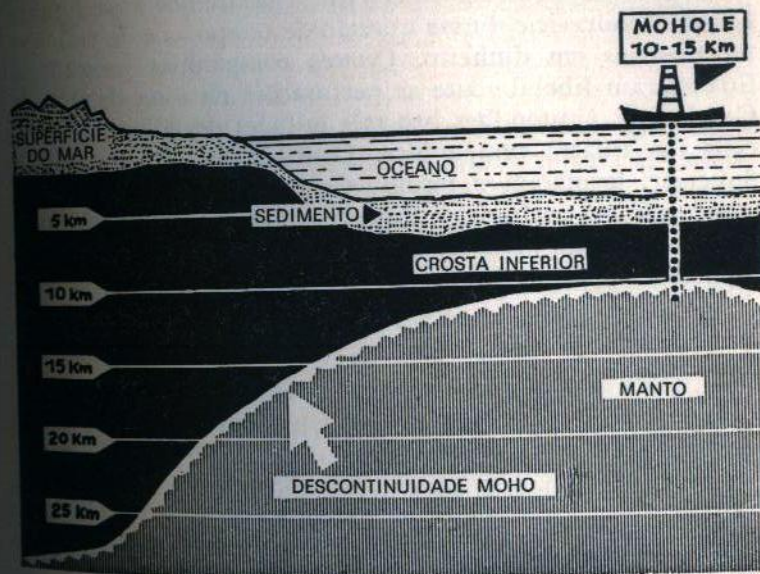
Quer no Pacífico, quer no Atlântico, há regiões em que a Linha Mohorovicic está apenas dez quilómetros abaixo do fundo do mar. Será possível, nos próximos anos, alcançar a superfície original da Terra, ainda relativamente recente? Bastavam os vestígios do pó de uma perfuração bem sucedida, naquelas profundezas, para se tratar, cientìficamente, de uma sensação.

Sob o denominação de *Projecto Mohole*, tentou-se, nos Estados Unidos, dar princípio a esse empreendimento. As primeiras tentativas de perfuração foram realizadas de bordo de um navio especial, em Março de 1961, ao largo da costa da Califórnia, a novecentos e quarenta e um metros de profundidade. Não se podendo ancorar o navio, procurou-se mantê-lo num círculo de dez metros de diâmetro, com o auxílio de um motor fora de borda. O que se conseguiu, na terceira tentativa, foi uma perfuração de noventa e três metros de fundo, o que é muito pouco, se considerarmos o objectivo final.

Perto da ilha de Guadalupe, em frente do litoral californiano, tentou-se um novo Mohole, outra perfuração Mohorovicic, escolhendo-se um ponto com três mil seiscentos e cinquenta metros de profundidade. A princípio, não apareceram obstáculos. O perfurador, com ponta de diamante, verrumou uma sequência considerável de camadas, na estratificação do fundo do mar. Aos cento e setenta e um metros de profundidade, porém, o trabalho parou: em vez de camadas sedimentares relativamente moles, apresentava-se ao perfurador basalto vulcânico, revestido duma crosta de um a dois milímetros de espessura de vidro vulcânico, isto é, de rocha outrora em fusão. Pelo que se pôde averiguar, a camada

sedimentar não se fundia com o vidro vulcânico. Isso significava, na realidade, que os sedimentos se estratificavam em basalto, consolidado, e não que massas de rocha quente e líquida se houvessem aglutinado a uma camada de estratificação mais resistente. Alcançara-se, pois, na realidade, o solo dos sedimentos.

A muito custo, a perfuração desceu mais treze metros e quatro centímetros. No fundo da abertura registou-se uma temperatura elevada. A emanação térmica do interior da Terra era o dobro da que se atribuía antes, como valor médio, aos oceanos.

Bem considerado, o resultado total não é muito animador. Não são muito cento e oitenta e quatro metros e quatro cen-

Esquema duma perfuração Mohole. A esquerda, uma secção continental. Sob o oceano, talvez se possa alcançar, através de camadas sedimentares e do próprio fundo do mar, a camada Mohorovicic

tímetros de perfuração. Isto pouco importa, na fase actual. Devemos já considerar um êxito o facto de se haver verrumado esse buraco em mais de três mil e quinhentos metros de profundidade marítima e em activar a perfuração.

De futuras perfurações podemos esperar maiores informes sobre o interior, a bem dizer inexplorado, do nosso planeta. Assim, dos resultados da perfuração Mohole foi possível deduzir que, há uns vinte e cinco milhões de anos, no fundo do Pacífico, ao largo da costa ocidental mexicana, medravam uma fauna e uma flora luxuriantes. Na região da ilha de Guadalupe, as condições de vida, favoráveis há uns sete milhões de anos, modificaram-se cada vez mais para pior. Hoje, apenas lá se encontram organismos isolados.

Seja como for, a época em que chegaremos a perfurar a Linha Mohoravicic é uma questão de tempo — e de suficientes recursos em dinheiro. Quatro companhias petrolíferas financiaram liberalmente as perfurações na zona da ilha de Guadalupe. Custou-lhes isso três milhões de dólares. As iniciais das quatro companhias: Continental, Union, Shell e Superior, formaram o termo «Cuss», nome dado ao navio empregado na perfuração. Procuravam, e não acharam, petróleo. Mas fizeram mais: aumentaram o conhecimento do nosso planeta.

CAPÍTULO II

CONTINENTES DE GRANDE VIAGEM

NAVIOS DE GUERRA E PARTÍCULAS DE ARGILA — VENTOS DAS ERAS PRIMITIVAS — TEORIA DA DESLOCAÇÃO CONTINENTAL DE WEGENER — A ÍNDIA JÁ ESTEVE NO PÓLO SUL

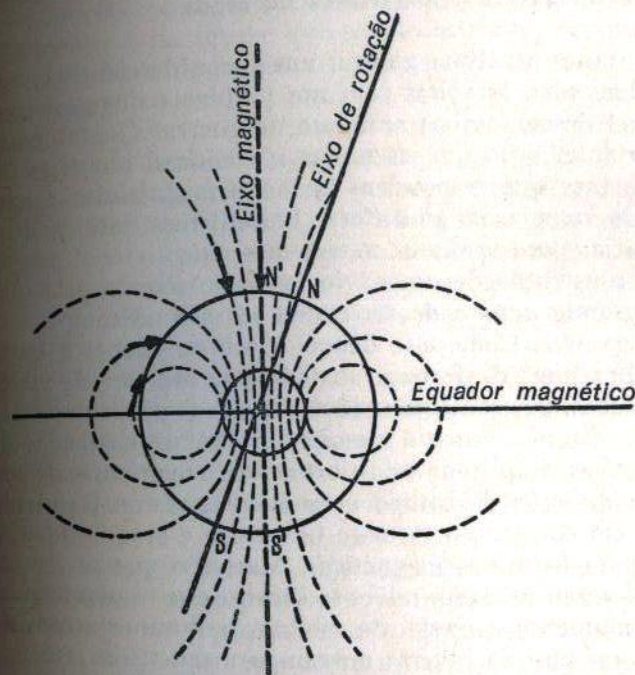
Provàvelmente, poucos temas interessem tanto como a actual competição científica internacional. O lançamento de um foguetão, por si só, não é uma sensação. Apenas se converte em tensão quando haja outro campo que faça a mesma coisa. Que foguetão atingirá a máxima altitude? Qual dos satélites permanecerá mais tempo no espaço e dará os resultados mais interessantes? Que nação instalará em primeiro lugar uma base na Lua?

No fim do século passado, a grande fascinação foi a competição pela conquista dos pólos. Em 1895 malogrou-se a famosa expedição de Nansen ao Pólo Norte; mas em 1909 chegou lá o americano Peary, após a primeira tentativa gorada, em 1906. Em Dezembro de 1911, Amundsen hasteou a sua bandeira no Pólo Sul. Encontrou-a lá, ao alcançar pouco depois o pólo antárctico, o rival inglês de Amundsen, Scott. Este, deprimido pela decepção, empreendeu a marcha de retorno no meio de violenta nevasca e morreu de esgota-

mento, depois de terem sucumbido todos os componentes do seu grupo de marcha.

Que força impelia os exploradores aos *icebergs* enormes, flutuantes, da calota polar do norte aos planaltos da Antárctida, não raro a altitudes superiores a quatro mil metros, para alcançar os pólos? Física e geogràficamente, os pólos são talvez o ponto mais interessante do nosso globo. Ali não há meridianos. Ou podemos tê-los todos ao mesmo tempo, se quisermos. Também não há leste nem oeste. Do pólo norte, todos os caminhos seguem para o sul; do pólo sul, só se vai rumo ao norte. Nos pólos, também o tempo pára: no eixo de rotação da Terra, não sobe nem desce qualquer estrela. Ali, a órbita do Sol também é um círculo paralelo ao horizonte. Outra singularidade: os pólos oscilam com o eixo do nosso globo. Não muito; mas, de quatrocentos e trinta e cinco em quatrocentos e trinta e cinco dias, os nossos pólos se desgarram, por uma órbita de variações irregulares, até dez metros de distância do verdadeiro pólo. Será isto a explicação do facto de não coincidirem, actualmente, os pólos magnéticos da Terra com os pólos geográficos? Seja como for, os pólos magnéticos do nosso planeta ficam um tanto de parte. O pólo magnético setentrional é um ponto, nas proximidades dos 70° de latitude norte, na zona ocidental da península canadiana de Boothia Felix.

Se ligarmos o pólo magnético setentrional ao seu equivalente meridional em Victoria Land, o eixo do pólo magnético não cortará o centro da Terra. Correspondendo ao campo magnético terrestre, o *pólo sul* de uma agulha de marear aponta para o pólo magnético setentrional. Se chegássemos, com a bússola na mão, ao ponto indicado, a agulha já não apontaria qualquer direcção determinada e seria inútil. Se virarmos a bússola, de modo que o seu eixo de rotação, até aí vertical, esteja em posição horizontal, a metade da agulha que apontava o norte vira-se para baixo. Estaríamos sujeitos à lei oposta, no pólo magnético meridional. Entre ambos,

porém, situa-se — como entre os paralelos geográficos — um equador magnético. Se voltarmos a nossa agulha magnética de modo que ela fique em posição vertical, não levando em conta a influência do campo local, ela equilibra-se horizon-

Linhas magnéticas de força do campo terrestre. O eixo magnético da Terra não coincide com o eixo de rotação

talmente. Façamos de conta que as linhas do campo magnético da Terra penetrem na Terra pelo pólo magnético setentrional, saiam pelo pólo magnético meridional e, à maneira dos meridianos, subam depois magnèticamente ao norte.

Tudo isto é apenas mero saber livresco. Contudo, nos últimos tempos, tem conduzido a conhecimentos novos e assombrosos.

Navios de guerra e partículas de argila

Durante a última guerra, um grupo de cientistas esteve, na Alemanha, às voltas com um problema singular: como é possível desmagnetizar um vaso de guerra? O problema era importante, visto que as minas magnéticas, isto é, as minas submarinas que respondem às forças magnéticas, se haviam tornado uma arma mortífera. Formulemos antes a questão contrária: porque são os navios magnéticos?

A construção de um navio moderno começa pela quilha. Esta grande *agulha de ferro* está sempre no campo magnético terrestre. Começa-se depois a rebitar chapas e cavernas e a obra total de ferro é abalada por milhões de violentas marteladas, em consequência das quais as partículas de ferro até aí magnèticamente desorganizadas, as chamadas áreas magnéticas, adquirem a possibilidade de se orientar de acordo com a direcção do campo magnético terrestre. Resultado: o navio em construção torna-se um único e grande íman, alvo fácil para as minas magnéticas. Mas se o que se estimulou pode ser neutralizado, talvez se consiga este resultado girando oportunamente o navio, de modo que durante a construção esteja em posição inversa no campo magnético.

Suponhamos agora que um navio magnético comum está parado, sem um sopro de vento, completamente imóvel, no meio do mar. Que aconteceria? Naturalmente, voltar-se-ia, tal uma agulha de marear, na direcção norte-sul. Embora soçobrasse, mesmo debaixo da água, afundaria na direcção do campo magnético terrestre. É de supor que esse navio, se fosse encontrado ao termo de séculos, apontasse ainda para onde eram, no seu tempo, o pólo norte e o pólo sul.

É óbvio que não aparecem, na natureza, blocos de ferro das dimensões dos navios modernos. Muito raramente se descobre ferro metálico de origem terrestre. Mas conhecemos, por exemplo, vários minerais dotados de propriedades magnéticas. Há finos grânulos de óxido de ferro, encontrados sob a forma de cristais, na argila. Coloquemos um pouco desse barro a amolecer na água e deixemo-lo assentar lentamente. As partículas de óxido de ferro depositar-se-ão de acordo com o campo magnético terrestre. Assim o demonstraram as experiências. As partículas orientam-se como pequenos ímanes, não só oscilando horizontalmente como uma agulha magnética, mas também de acordo com o campo terrestre, mais ou menos na vertical para baixo. É óbvio que a água corrente e a argila lodosa, que se desfez ao mesmo tempo, podem alterar o depósito das partículas. Todavia, no fundo, subsistem condições idênticas às observadas no nosso navio magnético.

Mas a Terra está cheia de antigos depósitos de argila. Na Suécia e noutros lugares pesquisaram-se os sedimentos dos lagos do período glaciário, no tocante à sua organização magnética. Essas pesquisas mostraram, sem possibilidade de dúvida, que o campo magnético terrestre existe há milhares de anos.

Ainda assim, conhecemos mais sedimentos minerais do que argila, como, por exemplo, as pedreiras de ardósia e o arenito. Sabemos de depósitos de arenito que talvez há cento e cinquenta milhões de anos conservam, inalterada, a direcção magnética que lhes imprimiu o seu conteúdo com óxidos de ferro.

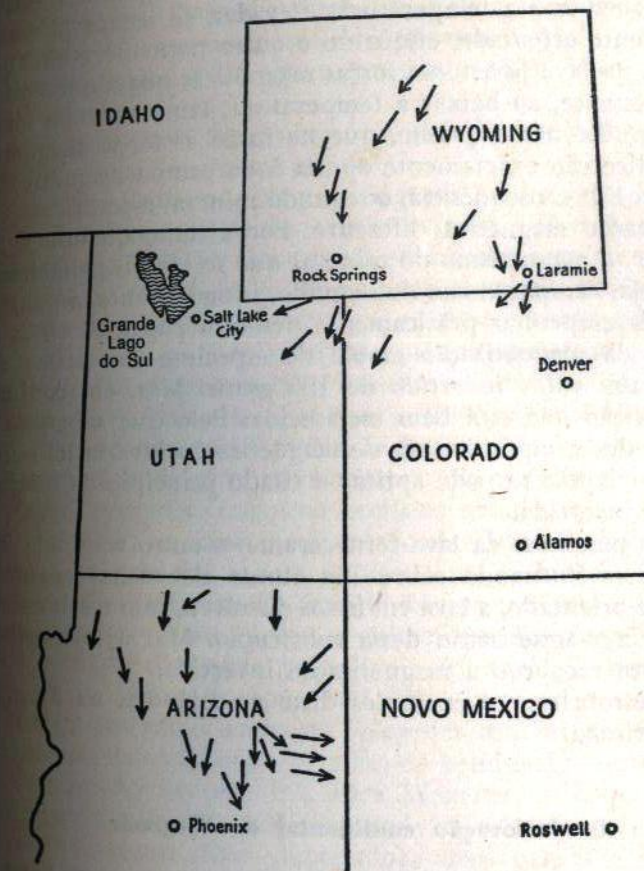
Ventos das eras primitivas

Como soprava o vento, no passado remoto geológico da Terra? Vimos, nos capítulos precedentes, que estamos hoje na iminência de esclarecer um número surpreendente de novos factos geológicos. Mas como sopravam — se é que sopravam — os ventos? Formulemos, porém, exacta e despreocupadamente, a nossa questão e inteiremo-nos de como se portavam os ventos quando se formaram os grandes depósitos de arenito de Laramie, no Wyoming, Estados Unidos. A areia do arenito que ali se encontra não foi trazida de um mar; foi arrebatada pelo vento às dunas. Nada há nisto de extraordinário. O mesmo arenito encontra-se em qualquer parte da Terra. E nessa areia estão contidas as partículas minerais magnéticas mais subtis.

O vento levantou em turbilhão essa mistura; e a maior parte dela, orientada pelo campo magnético terrestre, voltou a assentar no solo. Verificamos que em Laramie foi o vento de nordeste. Mais do que isto: dispomos hoje de outras secções dos mapas anemográficos do paleolítico. Não custa, naturalmente, pôr mãos à obra e compilar mapas dos ventos do paleolítico de toda a Terra.

Onde quer que partículas magnetizáveis apresentem possibilidades suficientes de se coordenarem, elas o farão, mesmo em torrentes de lava, conquanto esta se mantenha em estado líquido. Basta-nos fundir e solidificar de novo uma pedra de lava para o provar; muitas experiências de laboratório corroboram luminosamente este facto.

Até aqui, tudo parecia estar em perfeita ordem. Presentemente, porém, começam a aparecer resultados desconcertantes. Na Islândia, no Japão, no Maciço Central da França, encontram-se jazigos de lava magnetizados, justamente ao contrário do que seria de esperar: onde deveria ser o norte magnético, a lava aponta inconfundìvelmente para o sul.

Surgiu então uma hipótese inquietante: terá o campo magnético terrestre sofrido alguma vez um desequilíbrio? Talvez há milhões de anos...

Mapa anemográfico do paleolítico relativo ao planalto do Colorado. Nele se indicam as direcções donde veio, há trezentos milhões de anos, a areia que hoje encontramos sob a forma de arenito

Felizmente, pelo menos para alguns casos, descobriu-se uma explicação um tanto complicada, em verdade, mas isenta de lacunas: trata-se de uma automagnetização secundária. A lava em questão contém dois minerais magnéticos, um dos quais, exposto a temperaturas elevadas, se separa já magnèticamente orientado, enquanto o outro permanece em fusão. Logo, na lava já actuam forças magnéticas quando o segundo componente, ao baixar a temperatura, também toma formas sólidas. Acontece, porém, que na fusão as forças magnéticas têm direcção exactamente oposta à do campo magnético terrestre. Em consequência, o segundo mineral estratifica-se com orientação magnética diferente. Por último, quando a lava esfriar, o magnetismo do mineral que se cindiu primeiro talvez seja, comparado ao do segundo, insignificante, a ponto de não desempenhar pràticamente nenhum papel. A nossa medição da magnetização global do espécime em exame deu, pois, um valor *invertido* de 180 graus. Mas, em conjunto, a situação não está bem esclarecida. Pelo que sabemos, debaixo dos campos de lava de magnetização inversa há outros, aos quais não se pode aplicar o citado princípio da magnetização invertida.

As pesquisas da lava forneceram-nos outro resultado interessante: flutuando sobre um fundo de rocha magnèticamente orientado, a lava em fusão dissolveu, com o seu enorme calor, a magnetização dessa substrução. Mal a lava esfriou, a pedra recobrou a magnetização invertida.

Descobriram-se exemplos disto na Islândia, na França e no Arizona.

Teoria da deslocação continental de Wegener

William Gilbert, médico particular da rainha Isabel I da Inglaterra, figura nas ciências naturais entre os fundadores da teoria da electricidade e magnetismo. Em 1600, três anos

antes de morrer, publicou a sua obra mais importante: *De Magnete*. Eis o que Gilbert escreveu sobre as forças da Terra, no Capítulo III do Volume IV, um parágrafo realmente assombroso:

«Quando não haja dissolução total de um continente e uma submersão, como no caso da Atlântida narrado por Platão e pelos antigos, a direcção magnética permanece constante e inalterável.»

A segunda parte deste período é, sem dúvida, a conclusão certa. Mas quando o mapa muda?

A muitos físicos e geólogos desagrada a suposição de não serem os continentes sólidos e irremovíveis. Talvez houvesse mais concordância se fosse possível indicar bem as razões pelas quais a superfície da Terra pode estar em movimento. Naturalmente, se observarmos, por exemplo, a costa ocidental da África e a costa oriental da América do Sul, percebe-se logo como elas se ajustam bem uma à outra. É, acaso, o Atlântico apenas um curso de água que se inseriu numa massa de terra dantes compacta? A teoria de deslocação continental de Wegener responde afirmativamente a esta pergunta.

Alfred Wegener, talentoso geofísico alemão, que se perdeu, em 1930, no *hinterland* gelado da Gronelândia, apresentou pela primeira vez ao público, em 1912, a sua teoria da deslocação continental, partindo do ponto de vista de que a evolução dos reinos vegetal e animal e o desenvolvimento das condições climáticas primitivas são análogas nos dois lados do Atlântico. A América Latina deve ter-se apartado da África, em rumo ocidental. Wegener conclui daí que as duas massas de terra, ora separadas, do hemisfério meridional estavam unidas no pólo sul. Para Wegener, os continentes nada mais são do que blocos colossais de material mais leve, movendo-se numa massa subterrânea mais pesada e consistente.

Esta teoria causou sensação. A maioria dos geólogos repudiavam a ideia, por lhes parecer demasiado audaciosa, geolò-

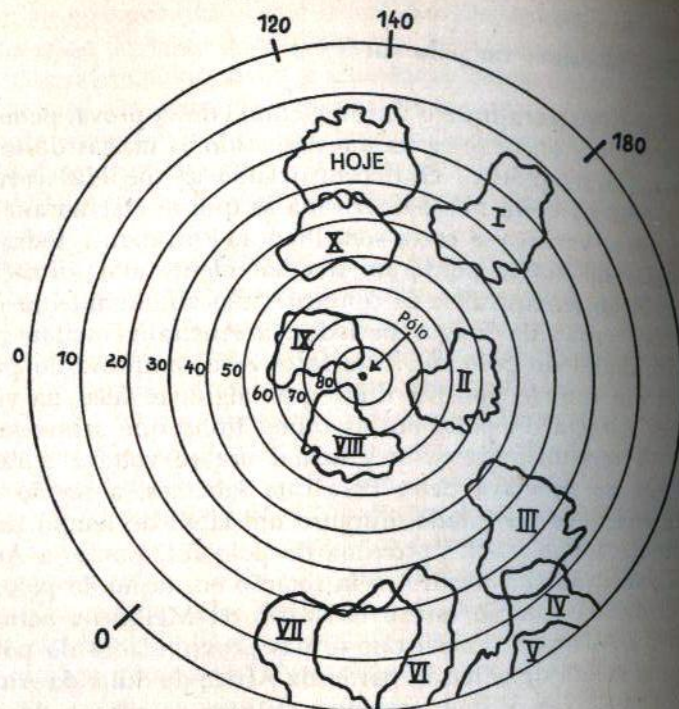
gicamente impossível ou até inútil. Foram, de certo modo, os *partidários da ciência* os primeiros a experimentar a nova teoria, evidenciando assim a existência duma quantidade de factos que a teoria de Wegener tornava compreensíveis; e embora alguns não ficassem bem explicados, muitos modos de ver se ampliaram, ou tiveram de variar. Consequentemente, a teoria de Wegener representa um progresso considerável.

Se, de facto, os continentes se movem, as partes componentes magnéticas dos seus minerais devem ficar orientadas de acordo com o campo magnético terrestre do tempo da formação dessas partes. Onde quer que encontremos minerais magnéticos, situados oblíqua ou transversalmente em relação ao campo magnético, devemos pensar pelo menos numa rotação das massas de terra em questão. Mas, quando a tendência das linhas de força não corresponder à latitude actual, é lícito suspeitar de um desvio do pólo magnético.

As medições provam que, em comparação com os pólos magnéticos, os continentes se deslocaram. Se, na Inglaterra, a argila, por exemplo, nos últimos quinze mil anos não acusa pràticamente nenhuma anomalia mensurável, os espécimes de arenito provam irrefutàvelmente que a Inglaterra, nos últimos cento e cinquenta milhões de anos, se deslocou inequìvocamente para o norte, partindo dos 17 graus de latitude setentrional, isto é, quase da latitude da África Ocidental Francesa. Calculou-se-lhe a velocidade actual: uns três metros em cada século. Não contente com isso, a Inglaterra descreveu, nesse lapso de tempo, uma curva de cerca de 37 graus, da direita para a esquerda.

A Índia já esteve no pólo sul

Se a Inglaterra fosse o único exemplo dessa prova, poderia haver dúvida entre se se teriam deslocado as massas de terra ou o pólo magnético. Ora, comparando as medidas correspondentes na costa norte-americana às que se efectuaram na Inglaterra, verifica-se certa semelhança. Entretanto, todas as hipóteses de desvio perderam imediatamente a significação. Em relação à Austrália, as condições são absolutamente outras. No curso de longos períodos, a Austrália oscilou nas proximidades do pólo sul. Este facto teve comprovação pelo menos em catorze posições diferentes, algumas delas na vizinhança directa do pólo, outras numa linha que atravessa o pólo. O território da Sydney actual ora se voltava para o pólo ora se desviava dele. Pelo que sabemos, a região de Melburna deve ter estado, durante um lapso de tempo relativamente longo, muito próxima do pólo sul. Então, a Austrália executou certamente meia rotação em torno do pólo, e no centro da rotação está o território da Melburna actual. Além da Austrália, encontram-se nas proximidades do pólo, sob uma calota de geleiras, partes da África do Sul e da América Latina. Nos últimos trezentos milhões de anos, a África Meridional deslizou talvez directamente sobre o próprio pólo sul. Mas a Índia também executou movimentos consideráveis. Pesquisas magnéticas de rochas indianas provaram que há setenta milhões de anos a Índia ainda estava ao sul do equador. E há duzentos milhões de anos encontrava-se bem perto do pólo sul. Por outro lado, a Gronelândia já conheceu climas quentes, aproximando-se do equador, na zona do Pacífico actual. Finalmente, há certa probabilidade de que a distância entre os continentes americano e europeu esteja a aumentar. Podemos consultar mapas da Terra que remontam a quinhentos e mais milhões de anos.

Graças a estes resultados, muitos achados geológicos, até

Migração da Austrália, relativamente ao pólo sul. A sequência das posições evidencia-se na série de números. Para maior clareza, omitiram-se algumas fases intermediárias. A posição mais antiga fica próxima da actual situação do continente, a 180 graus de longitude e entre os 10 e os 40 graus de latitude sul. Depois, a Austrália deslocou-se do pólo até ao equador, para voltar novamente ao pólo sul. Ali, o continente executou uma conversão que o levou à posição onde hoje se encontra

agora inexplicáveis, foram esclarecidos. Durante a travessia da Antárctida pelos Ingleses, no ano de 1958, descobriu-se carvão no pólo sul; e esse carvão continha restos de vegetais idênticos aos que existem na África do Sul. Logo, a Antárctida deve ter estado outrora em regiões mais quentes.

Da mesma forma reconhecemos por que motivo na Austrália, na África do Sul e até na Índia há regiões com sinais de congelamento, e na Alemanha e na Inglaterra se descobrem estratificações gigantescas de arenito de dunas outrora enxutas.

Eis, porém, que se anuncia já outra probabilidade: não só os continentes se movem, muda a forma dos oceanos, e se deslocou a posição dos pólos magnéticos; os anos vindouros evidenciarão se os pólos de rotação da Terra estão, desde a eternidade, no lugar onde se encontram hoje. Se as grandes massas de terra firme se movem, é de esperar que o grande pião Terra não seja influenciado por isso. Por outro lado, existe uma dependência correspondente, isto é: se a posição dos pólos rotatórios se deslocar, os continentes estarão expostos a outras forças e poderão entrar em movimento. Evidentemente, os mares e as massas de terra não estão distribuídas ao acaso. Sabe-se que há uma certa regularidade. Com efeito, em toda a esfera terrestre, as massas de terra não se opõem umas às outras; quase em toda a parte, se fosse possível verrumar o interior do globo terrestre, do outro lado a perfuração acabaria na água.

Se reunirmos os resultados das medições magnéticas, conforme estão actualmente, teremos um quadro completo. É possível, por exemplo, marcar num globo todos os pontos em que, a partir da Índia, se situou o pólo norte. Obtém-se então uma curva que, principiando na zona setentrional da América do Sul, segue para a Florida, atravessa o México, os Estados Unidos e vai dar justamente ao ponto onde encontramos hoje o pólo norte magnético. As medições magnéticas das rochas mais antigas indicam um pólo norte situado aparentemente onde a curva principia, isto é, ainda na América do Sul. Depois, no curso dos períodos geológicos, a direcção do pólo norte deslocou-se, já o dissemos, até ao seu ponto actual.

Também para a América do Norte é possível traçar aná-

loga curva da posição aparente do pólo norte no curso dos tempos geológicos. Neste caso, a curva principia no Pacífico, corre ao sul do Japão para a China, atravessa a Sibéria e termina igualmente no pólo norte magnético actual. Existem curvas correspondentes para a Europa e para a Austrália.

Se considerarmos estas curvas, uma ao lado da outra, parecerá incrível que a causa dessa estranha migração dos pólos não seja uma viagem, um resvalar dos continentes. Se, como se afirma, se invertesse o campo magnético da Terra ou se deslocasse a posição dos pólos terrestres magnéticos, as curvas deveriam ser semelhantes. Mas, como as curvas da migração do pólo diferem no traçado, a solução provável é que os continentes se deslocam.

Ainda não sabemos quanto se têm deslocado, entre si, os continentes considerados em conjunto. Talvez essa deslocação nos mostre em breve uma direcção geral. Daí poderemos então deduzir qual o impulso que provoca todos esses fenómenos. Não é de excluir que tudo derive de processos em curso nas profundezas do globo terrestre. *A Terra ainda não se estabilizou.* Ignora-se se jamais adquirirá forma definitiva. Também não é possível formular hoje um juízo terminante sobre a significação das pesquisas geomagnéticas para determinar o deslize dos continentes. Este sector de pesquisa é ainda demasiado recente. O que se sabe ao certo é que as pesquisas magnéticas deram provas de ser um meio de investigação excepcionalmente valioso. A coincidência dos resultados com outras descobertas justifica as maiores esperanças. Num relatório do Congresso Especial para o Estudo das Migrações dos Continentes, em Atlantic City, Estados Unidos, em 1960, o relator exprimiu o seu modo de ver nos seguintes termos: «A migração dos continentes subiu da posição de hipótese duvidosa para a de facto digno de crédito.»

CAPÍTULO III

O DIÁRIO DAS BELEMNITES

RESTOS DE UMA LULA COMO TERMÓMETRO DA ÁGUA — QUE FRIO FAZIA NO PERÍODO GLACIÁRIO? — ENTREVISTEMOS ALGUNS MOLUSCOS AUSTRALIANOS

QUAL seria a temperatura da água do oceano no Outono do ano 160 000 000 antes do nascimento de Cristo? A pergunta parece ousada. Mas vamos responder já: a temperatura da água orçava por 19° C! No Inverno, desceu aos 18°. No ano seguinte, porém, um Verão maravilhoso elevou a temperatura aos 21°. Nos dois anos seguintes, o Verão foi menos quente; ainda assim, a água acusou no Inverno uma temperatura de, pelo menos, 17° C. Ora, não levaremos a meticulosidade ao ponto de esmiuçar se esse delicioso Inverno se passou um milhão de anos antes ou depois. Também não vamos debater em que ponto do nosso globo se situavam essas massas de água. Quanto às oscilações da temperatura, essas não sofrem dúvida.

Quanto não daria o já mencionado físico e matemático francês Arago para saber isto. Como ele se empenhou, em 1833, em coligir material sobre as mudanças de clima da Europa! Aqui vai um excerto de uma das suas tabelas:

866 — O Adriático e o Ródano gelaram. A congelação completa do Ródano, na região de Arles, ou em qualquer

outro ponto da Provença, segundo as observações, ocorreu, ao que parece, no ano de 1776, com uma temperatura, pelo menos, de -18° C. Em 1709, quando o golfo de Veneza gelou, o termómetro marcava, na cidade, -20° C;

1133 — O Pó cobriu-se de gelo, de Cremona até ao mar. Atravessava-se o Ródano sobre o gelo. O vinho gelou nas adegas. No mínimo, -18° C;

1234 — O Pó e o Ródano gelaram novamente. Os veículos de carga atravessavam o Adriático, indo e vindo de Veneza;

1468 — Segundo Philippe de Comines, na Flandres os soldados quebravam as rações de vinho com um machado;

1638 — No porto da Marselha, a água cobriu-se de enormes blocos de gelo (-20° C) em torno das galeras ali fundeadas (segundo Papon, IV. 490);

1716 — O Tamisa gelou em Londres. Armaram-se muitas tendas no gelo.

O geógrafo Estrabão serve a Arago como fiador de que também na Antiguidade fazia por vezes um frio desagradável!

«Narra Estrabão (Livro II da *Geographika*) que na embocadura do Palus Maotis as geadas eram tão fortes que um dos generais de Mitrídates conseguiu subjugar, no Inverno, a cavalaria dos bárbaros, exactamente no mesmo lugar onde, no Verão, eles tinham triunfado numa batalha naval.»

Concluindo, Arago opina que as variações de temperatura, se as houve, só podiam ser mínimas.

Mas como havemos nós de saber que frio e que calor fazia há cento e sessenta milhões de anos?

Restos de uma lula como termómetro da água

Considerou-se, por largo tempo, facto irrefutável que todos os elementos químicos contêm a sua forma pura, o isótopo, sempre na mesma dosagem. O relógio de carbono evidenciou a falsidade dessa opinião. O conteúdo de ^{14}C, porém, diminui apenas porque, no curso do tempo, o ^{14}C se desintegra. Se, pelo contrário, todos os isótopos fossem estáveis, alegam muitos, a proporção seria, sem dúvida, constante. Ora isto também não está certo.

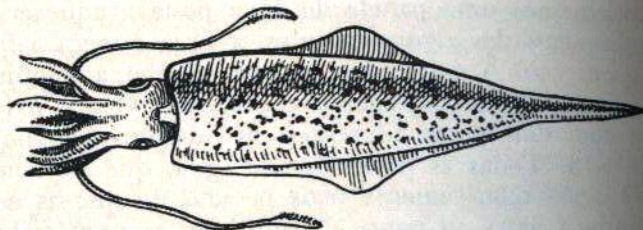
Imaginemos uma panela de água posta a aquecer num fogareiro. Passados alguns minutos, a água começa a ferver. Que aconteceu? A nossa água é, como se sabe, a combinação de dois elementos: hidrogénio e oxigénio. Ora o oxigénio figura com dois pesos diferentes: os isótopos oxigénio-16 e oxigénio-18. Todas as partículas de água, que contêm oxigénio-18, são relativamente mais pesadas do que as outras. Chegando a água ao ponto de ebulição, as partículas de água esvaem-se no ar, sob forma de vapor, e é óbvio que as mais pesadas, portanto mais resistentes, ficam na panela, com mais facilidade do que as leves. Expresso em linguagem científica, isto significa: na água remanescente, a proporção entre os isótopos de oxigénio deslocou-se a favor dos isótopos mais pesados.

A deslocação da relação entre os isótopos verifica-se, como sabemos hoje, em muitos casos, particularmente quando uma nova substância sólida se separa da solução aquosa. Formando-se, por exemplo, uma camada calcária, a proporção de oxigénio-16 para oxigénio-18 não é a mesma na cal a 0° C ou aos 25° C. Efectivamente, é possível observar, de grau em grau, uma variação do teor em oxigénio-18 equivalente a 0.172 ‰.

Houve uma espécie de calamar — ou melhor, os seus restos fossilizados — que ajudará a responder à pergunta formu-

lada no princípio deste capítulo: trata-se de uma belemnite ou, em linguagem popular, *dedo do diabo*. A belemnite nasceu no Outono e começou, como o caracol, a fazer a sua casa. Cresceu e, com ela, aumentou o volume da concha. Mas a dosagem do oxigénio-16 para a do oxigénio-18 nas paredes da concha alterou-se conforme a temperatura da água que a rodeava. Na Primavera do seu quarto ano de vida, a belemnite morreu. Os seus restos petrificados foram descobertos recentemente. A concha foi submetida a pesquisas, de camada em camada, a fim de determinar o seu teor em oxi-

Reconstituição de uma belemnite, espécie de calamar dos períodos cretáceo e jurássico, muitas vezes petrificada na extremidade posterior. Houve belemnites com dois metros de comprimento

génio-18 e, consequentemente, a temperatura das ondas que o traziam. É bem possível que o bicho nos logre de certo modo: talvez vivesse no Inverno em camadas mais profundas e por isso mesmo mais quentes, e flutuasse com as suas semelhantes, no Verão, em regiões marítimas mais frescas. É uma coisa que não chegaremos a averiguar.

Mas, a respeito das temperaturas que suportou há cento e sessenta milhões de anos, a belemnite deixou-nos um diário verídico.

Só é pena que morresse prematuramente. O seu dedo do diabo, a ponta da sua parte posterior, tinha apenas três centímetros de grossura.

Que frio fazia no período glaciário?

O citado método de determinar temperaturas de tempos remotos ainda está no princípio, mas nos próximos anos haverá, sem dúvida, possibilidades de ampliá-lo consideràvelmente. Disporemos, então, de tabelas de temperaturas antediluvianas. Todavia, nem só a restos fósseis de animais e vegetais se aplica o processo. Mesmo quando se separa um cristal, um mineral, a proporção dos isótopos depende da temperatura. Crostas de sal, em fontes, revelaram a temperatura da nascente em épocas remotas. As salinas permitiram saber as variações da temperatura do oceano em evaporação. Finalmente, é possível pesquisar os fósseis de épocas primitivas, moluscos e crustáceos, e comparar que condições climáticas favorecem actualmente as espécies semelhantes.

Os períodos geológicos menos afastados de nós requerem pesquisas especialmente exactas. Em relação aos períodos glaciários, por exemplo, os processos de datar com carbono-14 e determinar temperaturas com oxigénio-18 podem combinar-se, o que constitui circunstância particularmente favorável. O chamado período glaciário do Wisconsin, na zona norte-americana de geleiras, está situado, na sua maior parte, dentro dos limites do aparelho de datar com ^{14}C. Quais eram as temperaturas dessa região nos últimos dez mil anos do globo terrestre?

Para achar a resposta, examinaram-se com mais atenção os sedimentos dos oceanos. Pesquisaram-se três núcleos de perfuração do fundo do mar, que continham conchas calcárias de animais aquáticos, moluscos, etc. A cal é uma combinação de carbono, oxigénio e cálcio. O conteúdo de carbono-14 permitiu determinar a idade da zona em questão; a proporção dos isótopos de oxigénio deu a temperatura da água na época em estudo. O cálcio não perturbou de modo decisivo

a análise. Os resultados foram inequívocos: há setenta mil anos começou um grande período de frio. De trinta mil a quarenta mil anos atrás, fez mais calor, mas, mesmo assim, menos que hoje. *Só há quinze mil anos se iniciou um aquecimento geral que produziu o clima da actualidade.* Como orientação inicial, trata-se de um êxito aceitável. Por outro lado, não devemos ocultar que se registaram também factos estranhos que ainda não conseguimos entender. Por exemplo: o haver-se verificado, há onze mil anos, um aquecimento do Atlântico, que entretanto, pelo que parece, não se estendeu ao Pacífico. Terá então mudado o curso das correntes marítimas? O nível dos mares subiu, indubitàvelmente, nos últimos dez mil anos, à medida que degelavam as calotas polares. As medidas com ^{14}C na turfa, em moluscos e madeira, fornecem indícios que fortalecem esta averiguação.

Entrevistemos alguns moluscos australianos

Para as pesquisas das temperaturas marítimas em épocas primitivas, será, portanto, decisivo o estudo meticuloso das condições geográficas dos espécimes submetidos à prova.

A grande formação geológica mais recente é o *quaternário.* A sua subdivisão mais antiga denomina-se plistoceno (dilúvio), ainda um imenso período que se estende do ano 550 000 a 20 000 anos antes do nosso tempo. Apareceu o homem de Heidelberga—*homo heidelbergensis*—, e começou a Idade da Pedra. A Alemanha Setentrional jazia, amiúde, sob espessa camada de gelo. Veio o período das chuvas torrenciais, as geleiras alpestres cobriram extensões enormes; a Floresta Negra, os Bohmerwald, os Cárpatos, eram também zonas de geleiras. Todavia, nem só na Europa fazia frio. Na Nova Zelândia e nos Andes estava também em curso um período frio.

Naquele tempo, viviam em quantidade, no litoral da

Califórnia, diferentes espécies de moluscos. Moluscos de água fria? Não. A análise revelou temperaturas de cerca de 11° C (com possibilidade de erro de 1 % para mais ou para menos). E evidenciaram-se diferenças, das quais se deduz claramente que espécies dos moluscos em questão preferiam os braços de mar quentes e rasos e quais gostavam de regiões mais frescas. Diante de um resultado tão claro, surgiu logo a pergunta: que calor faz hoje no mesmo lugar? Empreendeu-se a investigação com todas as minúcias. Antes de tudo, cumpria não esquecer que um molusco não cresce regularmente o ano inteiro. No Inverno constrói a concha mais devagar do que no Verão. Calculando o valor das temperaturas de Fevereiro a Agosto, achamos hoje, no mesmo lugar, de 10 a 14° C, em confronto com uma *temperatura de isótopos* de 11,3° C. A coincidência é assombrosa. Todavia, não se deduz absolutamente deste resultado que nada mudou climàticamente na Califórnia em milhares de anos. São perfeitamente admissíveis oscilações da temperatura de breve duração. O calor duma determinada zona não é, em última análise, o factor climático que determina tudo. Ainda está por esclarecer se houve mau tempo, chuva ou temporais.

Ainda mais longe, na história do nosso globo, nos conduzem as pesquisas realizadas em conchas de moluscos da Vitória Meridional, na Austrália. Os geólogos situam o princípio do período *terciário* cerca de sessenta milhões de anos antes da nossa era. Sendo um período muito extenso, foi subdividido. O grau superior e mais recente é o *plioceno.* São mais antigos o *mioceno,* o *oligoceno* e o *eoceno.* Derivam destas três subdivisões as conchas de moluscos pesquisadas segundo o método $^{18}O/^{16}O$.

Antes de passarmos aos resultados, consideremos o que ocorria então na Europa. Era a época das inundações repetidas, o tempo em que existiam selvas imensas, cujos restos exploramos hoje, sob forma de carvão de pedra. A própria superfície da crosta terrestre estava em movimento: desloca-

vam-se cadeias de montanhas; rupturas, deslocações, actividade vulcânica não eram raridade. Desdobrava-se a riqueza de espécies dos mamíferos. Já estavam extintos os fantásticos répteis gigantes dos períodos anteriores, jurássico e cretáceo. Em resumo, o território da Baixa Europa era, climàticamente, favorável aos extremos. Devia ser então um clima como o que encontramos hoje na região do Mediterrâneo.

Pelo que se conseguiu apurar, na Austrália sucedia quase a mesma coisa. Na zona de Vitória também se conhecem minas de hulha e vestígios de actividade vulcânica.

As pesquisas levadas a efeito em conchas de moluscos provaram exactamente estas temperaturas:

Mioceno superior	16° C
Mioceno inferior ,,..............	21° C
Oligoceno	20° C
Eoceno	14° C

Logo, se até agora se calcularam, para as regiões da Europa Central, temperaturas médias de 18° a 19° C, é bem possível que, à vista dos achados geológicos semelhantes, tudo esteja absolutamente certo.

As medições de temperaturas do paleolítico são, até hoje, difíceis. Tão simples é, relativamente, obter material para pesquisa, quão complicada a medição técnica com aparelhos. Necessita-se de espectrómetros hipersensíveis, de equipas de pessoal especializado; e é indispensável proceder com extrema cautela. Finalmente, o que então se mede, a proporção do isótopo oxigénio-16 para o isótopo oxigénio-18, não deve ser tomado, sem mais, pela medida da temperatura da água em épocas primitivas. Cumpre considerar até que ponto o resultado das medições pode estar sujeito a uma influência do local da descoberta, ou se no curso das épocas geológicas possa ter mudado a concha calcária do animal. Em muitos casos, os dados relativos à medida de temperatura revelaram-

-se pouco seguros. E ainda são precisas muitas experiências para que o método venha a ser um processo-padrão de rotina.

Felizmente, nos últimos tempos, inventou-se um processo de *contrôle*. Evidenciou-se que a proporção dos isótopos de carbono $^{12}C/^{13}C$ depende igualmente da temperatura. Há, portanto, esperança de se poder futuramente aplicar um método de comprovação das temperaturas do paleolítico, um método talvez não isento de inexactidões e equívocos, mas, apesar disso, de utilidade geral.

CAPÍTULO IV

A TERRA DEBAIXO DE ÁGUA E GELO

METAIS DO MAR — O CALENDARIO DOS SEDIMENTOS — GRANULOS DO COSMO — O NOVO PÓLO FRIO — PESQUISA NA NOITE POLAR — QUAL É A ESPESSURA DO GELO DA ANTARCTIDA?

DURANTE a última guerra, o «U. S. S. Cape Johnson» cruzava as águas do Pacífico. O seu comandante, H. H. Hess, na vida civil geólogo da Universidade de Princeton, era um cientista que, mesmo em serviço militar, se ocupava com os problemas do seu ramo de actividade. O altímetro acústico do seu navio registou um dia fenómenos estranhos: montanhas submarinas, de forma desconhecida, formações vulcânicas que, no entanto, não se pareciam com os cones dos vulcões. Eram antes cones truncados, faltava-lhes o vértice. O altímetro acusou montes escarpados, com largos cimos chatos, espécies de planaltos que chegavam a ter quarenta quilómetros de diâmetro, não mencionados em nenhuma passagem da literatura geológica. Donde saíra aquilo?

Há milénios, os oceanos cobrem trezentos e sessenta e um milhões de quilómetros quadrados do nosso planeta, isto é, 71 % da supérficie total do globo terrestre. Por mais meticulosas que sejam as nossas investigações da superfície dos

continentes, até 1940 pouco sabíamos ao certo acerca das massas de terra que jazem debaixo de água. Fez-se o levantamento dos recifes e dos bancos próximos do litoral, mediu-se mais ou menos exactamente a profundidade dos mares, e nada mais. Em torno dos continentes situam-se as plataformas continentais, áreas onde a terra submerge lentamente e a profundidade do mar vai de sessenta a cento e oitenta metros. Essas zonas ainda pertencem indubitàvelmente à planície e têm uma espécie de paisagem natural, com outeiros, vales, blocos erráticos, etc. Naturalmente, às vezes, as plataformas continentais ficaram a seco, por exemplo, quando grandes massas de água, sob forma de gelo, cobriram os continentes, fazendo baixar o nível dos oceanos.

Entre as partes componentes de todas as obras geográficas figuram, há muito, mapas de onde se inferem as alterações decisivas sofridas pela forma do nosso globo; os continentes alçaram-se na proporção de duzentos metros, isto é, afloraram as plataformas continentais ao longo da costa. Entretanto, quem julgar que uma elevação ulterior dos continentes tenha como consequência uma ampliação das massas de terra, comete um erro. No extremo da plataforma continental, o solo inclina-se de repente e as profundidades marítimas acusam, quase sem transição, valores que vão de três mil e quinhentos a cinco mil quinhentos e cinquenta metros.

Mas como é, lá em baixo, o fundo do mar?

Falta o efeito erosivo da chuva, do vento, da geada. Com excepção de certas elevações, o fundo do mar deve ser plano. Admitindo que originàriamente não o fosse, os detritos orgânicos e inorgânicos de peixes, de conchas, de poeira cósmica, etc., não terão aplainado em milhões de anos frestas e precipícios? Sabemos hoje que esta concepção é fundamentalmente falsa. O fundo do mar deve a sua formação a fenómenos vulcânicos, a poderosas fontes submarinas, à vegetação e aos animais. A sua configuração não é menos variada do que a da terra firme.

São, naturalmente, de particular interesse os declives alcantilados das plataformas continentais, as orlas onde começa realmente o oceano. Não há montanha da terra firme que se lhes compare em altura e inclinação da vertente. Daí, os gigantescos desmoronamentos submarinos. Em muitos pontos aparecem, na plataforma, sulcos com vales sinuosos que lembram os «canhões». Serão antigas embocaduras de rios? A ciência, a este respeito, não tem ainda resposta a dar. É estranho que, na vizinhança do Zaire, do Ganges, do Hud-

Solo do Atlântico Norte, ao largo do litoral do Canadá e dos Estados Unidos. O que nós conhecemos como terra firme são, como vemos, os cimos das elevações da gleba continental. Da terra firme à aresta do corte escarpado, no fundo do mar, estende-se a plataforma continental, zona relativamente plana e pouco articulada. A embocadura do Hudson (à esquerda) prolonga-se na plataforma

son e em muitos outros lugares, esses «canhões» estejam escavados na plataforma.

Mais fácil de explicar é a formação dos montes que o professor Hesse descobriu. Tais elevações são restos de vulcões que, originàriamente, ultrapassavam a superfície dos mares mas que, corroídos pela agitação das vagas, se aplainaram pouco a pouco.

Metais do mar

Voltamos a depender de hipóteses quando se trata de explicar as fracturas do fundo do oceano. Só há poucos anos sabemos que elas representam um sistema contínuo, que se prolonga numa extensão superior a setenta mil quilómetros. Partindo do Árctico, percorre o Atlântico, passa a sul da África, atravessa o Índico, penetra no Pacífico, rodeando a Austrália, inflecte para norte e termina finalmente no ponto de partida. Pouco se sabe sobre a profundidade, largura e ramificações de tais fracturas. Supõe-se que estejam na dependência da migração dos continentes. É óbvio que estes conhecimentos, radicalmente novos, sugerem especulações. Nelas actuam, sem dúvida, forças colossais, forças em escala cósmica. Um geofísico notável recorreu, para explicar o fenómeno, a uma ideia do físico Paul A. M. Dirac, Prémio Nobel inglês. Segundo este cientista, as forças de gravitação no Cosmo decrescem em determinada medida, o que teria como consequência um aumento do diâmetro terrestre, na proporção de meio milímetro por ano. Não é, pois, admissível que, no curso de milhões de anos, se tenham produzido na crosta terrestre, fendas, rachas, rupturas e, em consequência disso, hajam ocorrido terramotos, maremotos, talvez a própria migração continental? O nosso material de estudo é ainda demasiado escasso para que dele possamos desenvolver uma noção segura desse fenómeno.

Para o homem do mar, são interessantes as correntes superficiais que lhe impelem o navio. Para o biólogo, os mares são o meio ambiente de inúmeras espécies animais e vegetais. Gigantescos reservatórios compensadores de calor, para o pesquisador de condições climáticas e para o meteorologista, os oceanos são, para o químico, as câmaras de tesouros dos minerais. Um quilómetro cúbico de água do mar contém cerca de quarenta milhões de toneladas de sal. Se quase 78 % deste conteúdo é sal de cozinha, de valor insignificante, perto de 10 % é cloreto de magnésio e 5 % sulfato de magnésio. Económica e tècnicamente, seria de alcance incalculável isolar, em larga escala, estes elementos. Conhecem-se tentativas de solução do problema. Em grande estilo, só é explorado o teor em bromo da água do mar. 99 % deste elemento deve estar contido nos oceanos.

PRINCIPAIS ELEMENTOS QUÍMICOS
CONTIDOS NA ÁGUA DO MAR

Elementos	Quilogramas por tonelada de água
Cloro	18,9
Sódio	10,5
Magnésio	1,2
Bromo	0,3
Ferro	0,002 a 0,02
Urânio	0,00015
Prata	0,00015 a 0,0003
Ouro	0,000004 a 0,000008

De todas as experiências empreendidas para arrebatar ao mar estes tesouros minerais, a que despertou mais atenção foi o plano de Fritz Haber para extracção de ouro. Após o primeiro conflito mundial, quando a Alemanha tinha de

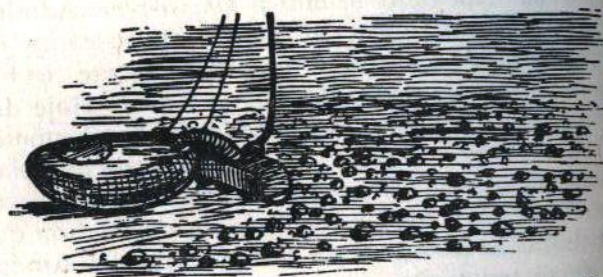
pagar as suas dívidas de guerra, Haber calculou que a extracção de ouro da água do mar deveria ser compensadora. Infelizmente, os valores das análises em que ele se baseava eram falsos e insuficientes os processos de extracção aurífera daquele tempo. Hoje, a situação não seria talvez tão completamente desesperada. Acredita-se na possibilidade de desenvolver uma troca de iões, para concentrar selectivamente ouro, urânio e outros metais pesados. Um quilómetro cúbico de água do mar daria, então, aproximadamente noventa e três milhões de marcos-ouro alemães — com a condição de ser estável a cotação do ouro.

O plano arrojado de franquear ao homem os tesouros do mar não respeitante sòmente à água do oceano, mas também ao fundo do mar e às profundezas marinhas, de preferência às plataformas continentais fàcilmente acessíveis.

Desde 1891 que conhecemos em traços gerais a distribuição dos sedimentos do fundo do mar, graças à publicação do relatório da expedição britânica *Challenger*. Admitia-se geralmente que as diatomáceas, as conchas calcárias ou a argila vermelha se estratificassem uniformemente, isto é, o que delas alcançasse o fundo do mar lá ficaria. Hoje dispomos de recursos para demonstrar a falsidade de tal suposição. No fundo do mar há correntes poderosas que, de quando em quando, varrem o solo. Consequentemente, as águas árcticas abissais correm para o sul à velocidade de mais de um quilómetro por hora. A passagem da corrente limpa o fundo do mar e só deixa sedimentos atrás das grandes elevações. Este facto é ilustrado claramente por fotografias coloridas.

Em determinada altura fez-se uma descoberta inesperada: enormes extensões planas do fundo do mar cobrem-se de manganés! Nas vizinhanças das ilhas da Sociedade encontraram-se torrões de minério, da grossura dum punho, contendo 25 % de manganés, 15 % de ferro e doses menores de cobre, níquel e cobalto. A ser exacto que cerca de 10 % do solo do fundo do oceano se revestem desse mineral, estariam no mar

os mais ricos jazigos de manganés da Terra. Do lado soviético, em todo o caso, a descoberta foi confirmada. Firmas americanas, entre elas a Vanadium Corporation of America, começaram imediatamente a planear as possibilidades de

exploração. Pensou-se em fazer deslizar sobre o fundo do mar gigantescos aspiradores de pó, capazes de sugarem os blocos de minério, mas a concretização do plano não é viável.

Aspirador gigantesco colocado no fundo do mar para colher blocos de manganés

O calendário dos sedimentos

Mesmo nos pontos onde as massas de água não estão expostas a correntes, a sedimentação não se opera com uniformidade. Empregando processos de perfuração altamente

desenvolvidos, é possível extrair do fundo do mar amostras de vinte a trinta metros de comprimento, que, em vastos sectores oceânicos, constam de restos de animais rudimentares (globigerina), seres vivos de dois décimos do milímetro a um milímetro de comprimento. Examinando meticulosamente uma amostra, encontramos uma estratificação muito ténue, originada pelas diferenças entre a sedimentação estival e a invernal. É possível calcular a idade, como se deduz a das árvores pelos anéis concêntricos do tronco. No caso dos sedimentos, porém, a avaliação da idade é muito mais difícil; com efeito, não raro, uma sedimentação de vinte e quatro milímetros de espessura corresponde a um período de tempo de mil anos. Na argila vermelha, a estratificação dos sedimentos equivale a oito milímetros por milénio.

Da espécie de protozoários encontrados nas camadas foi possível tirar conclusões relativas às temperaturas correspondentes; sabemos em que temperaturas se propagaram particularmente certas espécies. Na sequência das espécies é possível, por exemplo, distinguir a influência do último período glaciário. E esse calendário dos sedimentos contém outros registos. Nele encontramos, aqui e além, uma camada de outra cor: restos de cinzas vulcânicas, indício de grandes erupções. Mas a esperança de avaliar a idade global dos oceanos é ilusória. As camadas de sedimentação mais antigas são, na maior parte, muito delgadas. Pelo que nos permitiram apurar os núcleos extraídos até agora, mil anos correspondem apenas a um sexto de centímetro de espessura. Hoje, ainda não é possível extrair núcleos do verdadeiro subsolo do mar. Se estimarmos a idade do Pacífico em dois biliões de anos, as camadas sedimentares deveriam ter três quilómetros de espessura. A falar verdade, não sabemos que grossura elas têm. Medições efectuadas com a reflexão de ondas sonoras deram o resultado estranho e insignificante de trezentos metros. Terá o Pacífico realmente apenas um décimo dessa idade, só duzentos milhões de anos? Ou serão as camadas

sedimentares profundas estruturadas de modo que reflectem o som como o reflectiria o fundo do mar? É possível que a pesquisa Mohole nos dê a solução deste problema.

Grânulos do Cosmo

Os sedimentos submarinos, estratificados regularmente, permitem estudar uma questão geològicamente muito importante.

Em 1874, o eminente geólogo e naturalista Adolf Erik Nordenskjold pronunciou uma conferência na Imperial Academia de Ciências, de Estocolmo. O que ele comunicou, nessa circunstância, dir-se-ia incrível. Entretanto, o conferencista fizera uma coisa muito simples. Analisara a neve que acabava de cair nas vizinhanças de Estocolmo. Resultado: as amostras continham um pó escuro, magnético. Mais tarde, Nordenskjold dissolveu neve árctica e obteve uma substância parecida. Quìmicamente, era ferro, com um pouco de cobalto e níquel. Donde provinham esses metais, na neve? Nordenskjold não tardou muito a encontrar a explicação: tratava-se de material cósmico. E o sábio logo calculou: se esse pó metálico preto polvilhar assim a Terra inteira, no espaço de um ano perfará meio milhão, ou até um milhão de toneladas.

Em 1876, dois anos depois, Sir John Murray também encontrou *grânulos cósmicos* em sedimentos submarinos. Valendo-se de um magneto, conseguiu isolar, num litro de argila submarina, vinte a trinta grânulos.

Em 1946, durante a expedição *Albatroz*, extraíram-se do fundo do mar grandes núcleos de perfuração, amostras retiradas de estratificações de quinze metros de espessura, autêntico livro ilustrado de épocas geológicas gigantescas, de extractos sedimentares que datam de há milhões de anos. Também aqui se encontrou grânulos cósmicos, ora mais, ora

menos densos, entre cem e mil grânulos, em cada quilo de sedimento. Nas camadas superiores, mais recentes, os grânulos são mais numerosos. A análise química confirmou a descoberta de Nordenskjold: ferro, níquel, cobalto e, adicionalmente, cobre. Estava assim averiguada a origem do material: ferro de meteoritos! Evidentemente, grandes quantidades de material cósmico nos alcançam com frequência, sob a forma de chuva fina de poeira metálica.

Analìticamente, essas quantidades deveriam ser demonstráveis na própria atmosfera; e são-no, de facto. Em mil metros cúbicos de ar estão contidos catorze milionésimos e três décimos de grama de níquel. Reduzidos a pó, equivalem a seis décimos milésimos de grama de mil metros cúbicos de ar. A precipitação anual de material cósmico orça pelos cinco milhões de toneladas, por centímetro quadrado da superfície terrestre — apenas um milésimo de grama em mil anos. Este valor corresponde, em termos gerais, ao que se descobriu nas amostras extraídas do fundo dos mares.

Nos próximos anos, os sedimentos submarinos fornecer-nos-ão certamente novos conhecimentos sobre a história dos oceanos e, consequentemente, sobre a evolução do nosso planeta. Agora podemos já inquirir se as massas de pó da atmosfera nada mais fazem senão contribuir para a sedimentação, isto é, para o aumento da massa do globo terrestre, o que não pode ser efeito de proporções cósmicas. Além disto, só o podemos verificar quando se altera a quantidade da precipitação do pó; isto acontece quando a Terra é submetida a um bombardeamento de meteoritos. E. G. Bowen julga ter descoberto uma causalidade possível: segundo certas observações, quatro semanas após as quedas de meteoritos sobrevém um período de chuvas mais fortes. Bowen supõe que a poeira cósmica fornece germes adicionais ao vapor de água e assim provoca os aguaceiros. Se esta hipótese for comprovada em larga escala, poderemos dizer que o bombardeamento de meteo-

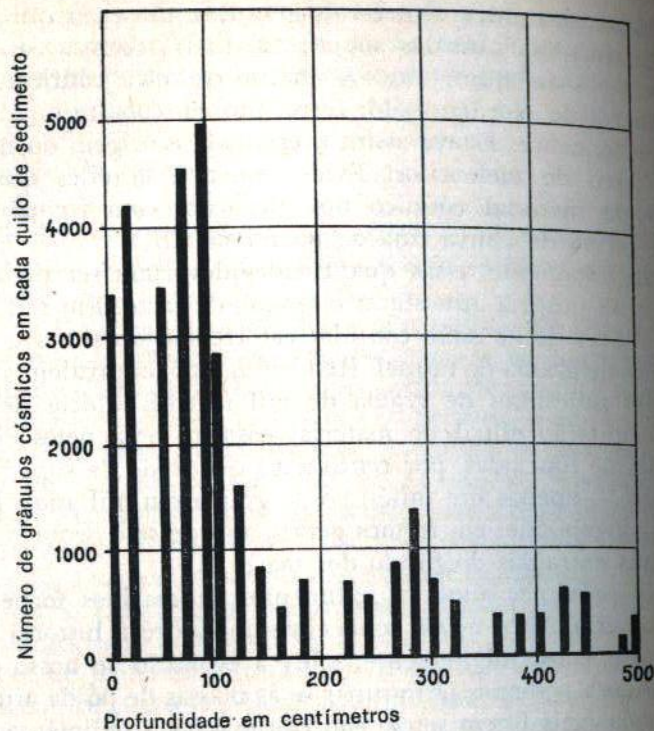



Gráfico das sondagens realizadas nos sedimentos do Pacífico Ocidental até cinco metros de profundidade. Cada quilograma de sedimento contém o número de grânulos cósmicos assinalados à esquerda, número que diminui à medida que aumenta a profundidade. Esta observação fez-se também noutras amostras

ritos e a poeira cósmica são factores essenciais do clima actual do nosso globo.

Os oceanos guardam ainda certamente inúmeras surpresas. Por exemplo: a expedição de cientistas da Universidade de Colúmbia, Nova Iorque, encontrou inesperadamente gigantescos depósitos de sal no fundo do golfo do México — as

chamadas *catedrais de sal*. Datam, ao que parece, do período jurássico, época em que esse terreno devia estar sob uma camada de água de milhares de metros de profundidade. Estratificações salinas análogas existem, em terra firme, nas costas rasas americanas, assim como na plataforma continental do golfo do México.

Outro fenómeno estranho são as correntes verticais, no Pacífico, ao largo da Califórnia. Correntes ascendentes ou descendentes, por certo muito mais comuns do que se julgou por muito tempo, aparecem igualmente nos oceanos Atlântico e Índico. Essas correntes foram descobertas com o auxílio de radiovisão submarina e câmaras cinematográficas, que desceram através das camadas líquidas a zonas de profundidades diferentes. Evidenciou-se que as correntes se originam de grandes movimentos ondulatórios das massas de água, em determinadas profundidades, nos pontos onde camadas frias contactam com camadas superficiais mais quentes.

Num vasto sector do oceano Pacífico, que principia a sueste de Hawai e se estende até ao continente americano, novas pesquisas revelaram um *deserto biológico*, onde não há, a bem dizer, sinal de vida. A falar verdade, já se sabia que, nos terrenos submarinos em questão, os reinos animal e vegetal estão escassamente representados. Mas foi uma surpresa imprevista a verificação de que os organismos aparecem lá apenas esporàdicamente. Numa rede lançada a grande profundidade e que varejou cerca de trezentos milhões de litros de água, juntaram-se sòmente alguns litros de organismos marinhos, na sua maior parte crustáceos.

A razão principal das desfavoráveis condições de vida naquele sector oceânico é a ausência total dos movimentos verticais da água, que trazem materiais nutritivos do fundo do mar às camadas superiores.

O novo pólo frio

No dia 9 de Agosto de 1958, o posto soviético de observação Sovietskaia anunciou, da Antárctida, uma temperatura do solo de – 86,7° C. O Sovietskaia foi uma das quarenta e seis estações científicas instaladas no ano geofísico para a exploração da região do Pólo Sul. Está situado em posição muito favorável, quase no centro, entre o pólo sul geomagnético e o chamado *pólo da inacessibilidade*.

A temperatura mais baixa que já se mediu na superfície da Terra foi de 86,7 graus abaixo de zero. Com esta medida, os cientistas soviéticos ultrapassaram, de certo modo, em 20° C o seu próprio *record* de frio. Até então, a temperatura mais baixa registara-se em Fevereiro de 1933, na Sibéria Setentrional: – 68° C. Hoje devemos considerar pólo frio da Terra o posto Sovietskaia, ou, expresso geogràficamente, o ponto 78° 24′ de latitude sul e 87° 35′ de longitude leste, três mil e setecentos metros acima do nível do mar. Mas este resultado significa mais do que um simples *record* local do frio. As medidas efectuadas na Antárctida evidenciam que a região do Pólo Sul é a zona mais fria do globo terrestre. Em comparação, no Pólo Norte faz calor. Qual é a causa? Pois bem: a colossal calota de gelo do Pólo Norte flutua no mar que tem a temperatura de 0° C. Por mais espessas que sejam, as camadas de gelo não isolam completamente esse *reservatório de calor*. No Pólo Sul, porém, *a terra jaz debaixo do gelo;* e a terra está também gelada.

Pesquisa na noite polar

Até 1958, o que se sabia acerca da Antárctida era espantosamente pouco. Quem folheasse um atlas da terceira década deste século, pouco mais tiraria dele do que a noção da exis-

tência de um *continente antárctico*. A sua configuração, a falar verdade, já então estava de certo modo esclarecida e continha aqui e além, na periferia, alguns nomes. Todavia, o que se conhecia, ou se julgava conhecer, eram apenas faixas litorâneas, indicadas aliás de modo um tanto vago.

Não passavam, em geral, de linhas levemente curvas, unindo dois pontos onde um dia se avistara terra; os demais sectores da Antárctida eram planos vazios, brancos; brancos, não porque as neves os cobrissem, mas por serem totalmente inexplorados. Cartógrafo algum sabia o que havia de pôr ali.

Em 1957, já se ouvira falar de montanhas; já se conhecia com mais exactidão o contorno do continente; desconfiava-se onde estava a terra, sob a capa de gelo que avança para dentro do mar — isto é, onde fica a linha costeira. Ainda assim, a massa do continente apresentava-se no atlas como um plano branco, inexplorado.

Era situação intolerável para a geofísica o facto de serem pràticamente desconhecidas a maior parte da crista terrestre e da sua superfície, bem como os envoltórios marítimo e atmosférico do globo. Havia, é certo, hipóteses, relatórios de expedições, fotografias tiradas do alto. Nada disso, porém, permitia deduzir noções certas sobre as verdadeiras condições da Antárctida. O conhecimento de algumas geleiras, de penhascos escuros, escalvados pelos vendavais, do perfil de certas camadas não resolvia o caso. Como era a terra debaixo do gelo?

Em 1957, com enorme emprego de homens e de material, os cientistas abeiraram-se da solução do problema da Antárctida. Alguns dos expedicionários já conheciam a região, cujas dimensões equivaliam à soma das áreas da Europa e dos Estados Unidos. O comandante da base americana de Ellsworth, capitão Finn Ronne, natural da Noruega, estivera ali anos antes, com um reduzido grupo de vanguarda, e aprestava-se a hibernar na Antárctida pela quarta vez. Escreveu um relatório impressionante acerca dos preparativos da via-

gem com quebra-gelos e navios de transporte, salientando a dificuldade de instalar um posto na inóspita planície frígida situada na plataforma de gelo. Houve que descarregar, em breve prazo, centenas de toneladas de material; não se conseguindo manter a tabela de tempo pré-estabelecida, corria-se o risco de os navios de transporte serem bloqueados pelo gelo, o que, se não fosse pròpriamente uma catástrofe, criaria dificuldades de toda a sorte e exigiria equipas, não de algumas dúzias, mas de centenas de homens. Armaram-se à pressa as barracas pré-fabricadas onde os expedicionários passariam a longa noite polar. Instalaram-se, em seguida, as torres de observação e de radiotelegrafia, porque a expedição não cuidava apenas de sobreviver, mas também de trabalhar cientìficamente, executar dezenas de milhares de medições. Os aparelhos registadores sensíveis deviam ser mantidos em condições de funcionar, a fim de que o trabalho não sofresse interrupções. Às tarefas geofísicas pròpriamente ditas associavam-se estudos biológicos. As próprias coisas mais simples assumiam importância para os especialistas, porque não há neve igual a outra neve, nem gelo igual a outro gelo. Retiravam-se, por exemplo, das grandes profundidades geladas, amostras sistemáticas, que eram acondicionadas e registadas para uma análise mais meticulosa, quando a expedição regressasse à terra de origem.

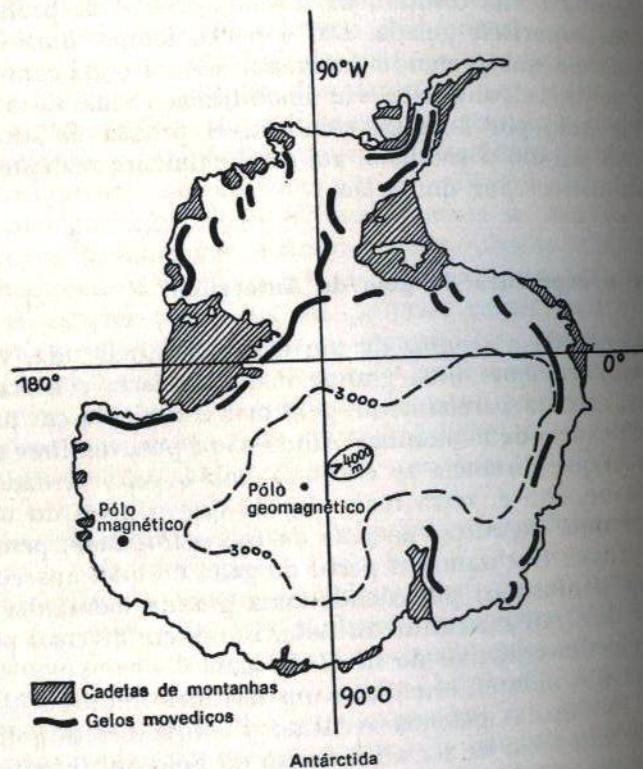
Terminada a instalação do posto, a existência assumiu visos de vida confortável. Tudo fora muito bem planeado: bom alojamento, víveres mais do que suficientes (verificou-se que, a despeito das mais modernas instalações caloríferas, o consumo de mantimentos era enorme), máquinas de lavar automáticas, ferramentas, discoteca, biblioteca, trenós especiais, veículos aquecidos para excursões; em suma, os mil objectos indispensáveis a um grupo de homens que se aventura meses e meses num deserto de gelo. Mesmo assim, apesar de todos os recursos técnicos, um empreendimento desse género não deixa de ser uma aventura. E foi, na realidade,

uma aventura para esse punhado de exploradores que, para conseguirem obter algumas noções exactas, chegaram a um ponto dessa imensa solidão. O plano previa um pronto regresso; mas uma tremenda nevasca, das que se desencadeiam imprevistamente naquelas paragens, só ao fim de catorze dias permitiu aos expedicionários retornar a um asilo seguro. Depois, um dos veículos especiais por um triz não se despenhou numa fenda colossal, de noventa metros de profundidade, na superfície gelada. Daí a pouco tempo, uma expedição inglesa que pretendia atravessar a Antárctida com uma caravana de veículos e se viu imobilizada numa vasta planície de gelo por falta de combustível precisa de socorro. Ali ficou parado o comboio, até ser finalmente reabastecido de combustível por um avião.

Qual é a espessura do gelo da Antárctida?

Observando o *croquis* de um mapa da Antárctida, veremos primeiramente uma grande massa de terra coberta de geleiras, cercada parcialmente pelo mar e limitada em parte por uma cadeia de montanhas. Ainda não é possível dizer com certeza a que distância se encontra, sob o gelo, verdadeira terra firme, isto é, terra mais alta do que o nível do mar. Durante uma expedição ao *pólo da inacessibilidade*, pesquisadores russos traçaram um perfil do gelo, no qual aparecem ilhas ou penínsulas, precedendo uma grande montanha de mais de dois mil metros de altitude, isto é, em diversos pontos o gelo desce abaixo do nível do mar.

Além dos montes, estende-se um território muito acidentado. Não raro, as geleiras avançam a cobrir-lhes os golfos, dando a impressão de ser ali a região do Pólo Sul. Frequentemente, os gelos flutuantes envolvem ilhas vizinhas. Enquanto na parte de terra limitada pelos montes e pela água se notam altitudes de dois mil, três mil e até superiores a

quatro mil metros, nessa outra região as elevações do terreno só nalguns pontos atingem o limite de dois mil metros. Uma cordilheira atravessa uma península estreita, continua numa série de ilhas e forma finalmente o arco das Antilhas. Querendo, é possível acompanhar essa sequência de ilhas até ao cabo Horn, na América do Sul.

Esboço dum mapa da Antárctida, vendo-se uma enorme massa de terra coberta de geleiras, parcialmente cercada pelo mar e limitada em parte por uma cadeia de montanhas

É o próprio gelo que reserva a primeira surpresa aos exploradores. Estes calcularam que o gelo tivesse centenas de metros de espessura, mas os seus cálculos ficaram muito aquém da realidade. A equipa do posto americano Byrd, situado a mil e quinhentos metros de altitude, mediu abaixo da sua estação a espessura de gelo: três mil metros! Se um dia o gelo se derretesse, o oceano teria nesse ponto mil e quinhentos metros de profundidade e não se veria absolutamente terra antárctida.

Não muito longe do posto americano estende-se uma serra autêntica, da qual fazem parte os montes Sentinelas. Conhecem-se cinco picos de mais de quatro mil metros de altitude; um deles tem quatro mil seiscentos e setenta e cinco metros. Evidentemente, trata-se de cadeias de montes geològicamente ainda novos. Vêem-se nos seus flancos muralhas de pedra, serranias escarpadas, torrentes de gelo. Pertencem à mesma cordilheira os montes Horlick, descobertos em 1934. Os seus cumes majestosos de dois mil a três mil metros de altitude projectam-se para o norte. Cientistas americanos organizaram uma escalada a um desses picos, ao Glossopteris, de cerca de três mil metros de altitude, que deve o nome a uma fossilização de vegetais, de fetos, como os conhecemos da época da formação carbonífera. E acham-se ali em massa.

Neste ponto chegamos ao passado, aos *antecedentes* do continente antárctico. *Cerca de 1% da água da Terra jaz congelada nas geleiras; a maior parte dela, por outro lado, forma a Antárctida.* Da investigação geológica resultou que aquele território nem sempre esteve no pólo sul. Medições geomagnéticas indicam, pelo contrário, que as massas de terra só lá chegaram no baixo período cretáceo. Cumpre admitir que a migração continental, além de levar a Austrália acima e à roda do pólo sul, haja impelido para o mesmo pólo a massa de terra antárctida e, com ela, um opulento reino animal e vegetal, e que, sob uma calota de gelo, se sepultou um continente que nós ainda desconhecemos: o sexto continente.

O grande frio, que reina há milhões de anos na Antárctida, possibilitou um género muito especial de determinação de idade, ampliado pelo extraordinário cientista de vinte e quatro anos, professor de geoquímica e geologia nuclear da Universidade do Kansas, Edward J. Zeller. Pràticamente, qualquer material e, consequentemente, as próprias pedras e minerais contêm, pelo menos, traços de isótopos radioactivos. Desintegrando-se estes sob radiação, deslocam-se electrões dos seus lugares na estrutura cristalina. À temperatura normal, o movimento dos electrões deslocados é, em geral, tão grande que, em breve, eles retornam a posições mais pobres de energia — um processo que pode correr sob emissão de luz. Sendo, no entanto, as temperaturas relativamente baixas, o que só se verifica raramente, aumenta a aglomeração de electrões em lugares que não lhes compete. Se aquecermos um mineral em que, desde milénios, se venham acumulando muitos electrões em posições impróprias, observaremos provàvelmente um estranho efeito de luz na amostra de mineral em estudo. A intensidade de luz depende do teor original de substância radioactiva contido na amostra e do lapso de tempo durante o qual se puderam aglomerar electrões *congelados*. O efeito de luz, denominado *termoluminescência*, não é novidade; já o conhecemos há muito. O mérito de Zeller é ter feito, com o auxílio da termoluminescência, investigações sistemáticas na Antárctida. Não é tarefa simples, uma vez que a radiação cósmica pode influenciar a deslocação dos electrões; por outro lado, cumpre evitar que as amostras possam aquecer, mesmo casualmente e por breve prazo, antes da experiência. Assim que forem retiradas, devem ser guardadas em geladeiras, até ao momento de experimentá-las. Dos exames efectuados por Zeller em amostras de rocha resultou que, no local donde elas haviam sido extraídas, dominava, pelo menos desde cento e setenta mil anos, um período glaciário.

Pelo que parece, há possibilidade de aperfeiçoar o *relógio*

de electrões e rocha e obter futuramente, não apenas idades exactas como até agora, mas também as datas de origem mais recente. Os próprios arqueólogos já se interessam por isso. Sucedendo queimar uma vasilha de barro, a faculdade de termoluminescência da argila se reduz certamente a zero. Se, aquecendo os cacos do recipiente, pudermos demonstrar a termoluminescência, é porque ela se armazenou, com a energia libertada após a queima, nos fragmentos de argila, o que corresponde ao período de tempo decorrido.

Seja como for, façamos votos no sentido de que o método de pesquisa elaborado por Zeller seja útil, justamente para averiguar datas na Antárctida, e concorra para resolver muitos enigmas da pré-história dessa região.

Este ano geofísico findou em 31 de Dezembro de 1958. Participaram dele, com grupos de pesquisa, nada menos de sessenta e sete nações. Concorreram para a exploração da Antárctida doze nações, principalmente a Argentina, o Chile, a Grã-Bretanha, os Estados Unidos e a Rússia. Desde que grande parte dessas nações decidiram não interromper os seus trabalhos de investigação na Antárctida, em fins de 1958, e mantiveram em actividade algumas das suas bases antárcticas, quer dizer que obtiveram resultados valiosos e têm, além disso, consciência de que ainda lhes cabe realizar pesquisas mais importantes.

CAPÍTULO V

NA ÓRBITA DO PLANETA

INTERCAMBIO COM O COSMO — MISTERIOSAS PAISAGENS LUNARES — O VOO DA ESTAÇÃO AUTOMÁTICA INTERPLANETÁRIA—DUAS CINTURAS CINGEM A TERRA — MÁS PERSPECTIVAS PARA OS ASTRONAUTAS — SALVAMO-NOS MAIS UMA VEZ — EXPERIÊNCIAS NA MAGNETOSFERA — MORTANDADE DE SATÉLITES

A *Terra é o planeta do Sol.* Esta frase, incontestàvelmente exacta, faz hoje parte dos conhecimentos de um aluno do primeiro ano do liceu. O que ela quer dizer, porém, não nos parece inteiramente claro. Na aula de Física há um pequeno planetário-modelo onde, em torno de um grande Sol dourado e compacto, gravita uma pequena esfera cinzento-esverdeado: o planeta Terra. E nós vemo-nos, mentalmente, acomodados nessa esfera. Esta figuração é tão simples quanto errónea.

Desloquemo-nos, também mentalmente, para o corpo celeste seguinte, o satélite mais próximo de nós, a Lua. Qualquer distância que queiramos considerar até ao planeta serve. É extenso o caminho que vai dar à Lua. Enquanto não houver uma linha regular de foguetões, a distância de trezentos e oitenta e quatro mil trezentos e noventa e três quilómetros

é inconcebível para um habitante da Terra. Já é de mais a medida da circunferência do globo terrestre: quarenta mil quilómetros. Se, à maneira do barão de Munchhausen, disparássemos um canhão tendo como alvo a Lua, o projéctil precisaria de uns bons quinze dias para chegar ao seu destino. Se pretendêssemos ir lá a pé, teríamos de marchar durante vinte e sete anos para chegar à Lua. Estaríamos, porém, numa posição privilegiada para contemplar o nosso planeta.

A nós, homens do século XX, esta ideia está longe de parecer inviável. Também não é totalmente nova nem resulta da nossa era dos foguetões. Já em 1620, Johannes Kepler familiarizara-se com ela, a ponto de descrever uma contemplação do Universo, como ele deveria parecer, visto da Lua. Essa descrição entrelaça-se numa narrativa fantástica, extravagante, intitulada *Somnium*, que empolga o leitor, dando-lhe uma ideia quimérica dos habitantes e dos edifícios da Lua, das formas dos reinos vegetal e animal lunares. Exacto até às mínimas minúcias, Kepler não se impediu de incluir na sua narrativa uma espécie de resenha do firmamento, como é visível na Lua, da alternativa dos dias e das noites, do calor e do frio, dos movimentos do Sol, da Terra e dos planetas, tal como os veria o suposto observador instalado na Lua.

Façamos de conta que acabamos de aportar a esse nosso satélite. Acima de nós paira, imponente, alarmante, a Terra, astro colossal, quase quatro vezes maior do que o volume que os nossos olhos se habituaram a atribuir à Lua. Nesse astro gigante distinguem-se, a olho nu, continentes, oceanos, estreitos e golfos. Um globo estupendo! Com um binóculo de grande poder de alcance poder-se-ia identificar as cidades se as nuvens não estorvassem a visibilidade.

As nuvens, naturalmente, pertencem à Terra. Mas onde vão acabar aquelas ténues camadas de vapor? Tem-se a exacta impressão de que tudo se esfuma. Onde termina então a Terra, onde principia o Cosmo? Devemos dizer que a Terra acaba onde os homens já não podem viver sem recursos arti-

ficiais? Isto seria a substituição da palavra *atmosfera* (segundo os vocábulos primitivos gregos, *esfera de vapor*) pela expressão *atmosfera respirável*. O limite estabelecido para esta, cerca de seis quilómetros, é, com certeza, errado. Sim: 90 % da massa da atmosfera terrestre está abaixo da altitude de dezasseis quilómetros. Se admitirmos, porém, que haja em torno da Terra uma zona da espessura de trinta quilómetros, esta zona abrangerá 99 % do envoltório gasoso terrestre. Embora atribuíssemos ao nosso globo uma zona de cem quilómetros, sempre ficaria de fora um milionésimo da *atmosfera terrestre*. Evidentemente, ainda hoje se desviam para o espaço cósmico partículas gasosas que pertencem pròpriamente à Terra.

Intercâmbio com o Cosmo

Uma observação superficial mostra-nos que as partículas gasosas mais leves, os átomos do hidrogénio, pouco ligados ao solo pela atracção terrestre, também podem desprender-se com a máxima facilidade do campo de gravitação. Os gases mais pesados, pelo contrário, estão mais adstritos à Terra e — como o indica a composição atmosférica actual — são também os que faltam nas maiores altitudes. É óbvio que uma partícula gasosa, que pela difusão se afastou da Terra, está exposta apenas a uma força de atracção insignificante. Vemo-nos, pois, em situação difícil quando cumpre discernir o que pertence pròpriamente à superfície sólida da Terra.

Há outro aspecto que não concorre para o simplificar: o espaço cósmico não está absolutamente vazio. Logo, a Terra acha-se, por seu turno, em situação de captar material.

A radiação cósmica que nos atinge consta primàriamente de núcleos de hélio, na proporção de dez para cem núcleos de hidrogénio, e mais um *núcleo pesado*. Dentre os desta categoria, de núcleos de hidrogénio (protões), aos quais se acrescentam, aparecem mais amiúde o carbono, o azoto e o oxigé-

nio. Além destes, chegam à Terra quantidades mínimas de vários outros elementos químicos: ferro, níquel, lítio, barílio, boro, etc. A Terra capta, portanto, átomos de muitos elementos que já conhecemos pela análise da luz sideral.

Para dar uma ideia da ordem de grandeza com que lidam os geofísicos, transcrevemos uma consideração relativa ao chamado *vento do Sol*. Entende-se por isto a torrente de partículas que o Sol despeja no espaço cósmico, na sua maior parte núcleos atómicos do elemento hidrogénio (protões). Sabe-se quantas dessas torrentes se desprendem actualmente do Sol e conhece-se a distância Terra-Sol, pelo que é possível avaliar dentro de que limites o campo magnético terrestre pode agir, com determinado poder, no Cosmo para captar material solar. O resultado dessa avaliação é sensacional: a Terra recebe do vento do Sol nada menos de mil e seiscentos quilos de material por segundo! Se esta absorção de matéria se processar desde há três mil e trezentos milhões de anos — o que, considerando a idade da Terra, é um cálculo razoável —, o globo terrestre terá recebido tanto hidrogénio que, após a combinação deste elemento com o oxigénio, pôde criar água para encher os oceanos e sobrar em quantidade.

Menos essencial é o acréscimo de massa da Terra se ela atravessar um dia a cauda dum cometa. As caudas dos cometas compõem-se de gases e de pó meteorítico e podem ter milhões de quilómetros de comprimento. O diâmetro de um cometa, pelo contrário, mede apenas alguns quilómetros, e consta de aglomerações de material meteorítico e de gases congelados.

Já dissemos que se despenham na Terra quantidades consideráveis de poeira atómica, as quais, somadas, perfazem milhões de toneladas de material que aumentam anualmente o peso do globo terrestre; há até argumentos a favor da hipótese de que, em cada três mil metros de altitude, esteja contida uma camada regular de poeira cósmica.

Não difere muito disso a irradiação de energia e calor

para o globo terrestre. Cada raio solar que nos alcança deve ser levado à conta de vantagem para o nosso planeta. Em sentido inverso, a Terra envia ao espaço sideral quantidades consideráveis de luz e de calor.

Não são estas, contudo, as únicas forças que, no seu papel de planeta, a Terra coloca à nossa disposição. Lembremo-nos das forças de gravitação que sustentam a Terra e a Lua; a temperatura dos oceanos seria alguns graus mais baixa se não agisse neles, permanentemente, a energia das marés.

Esta enumeração sucinta e incompleta mostra claramente a existência dum intercâmbio entre o globo terrestre e o Cosmo. E mal poderíamos decidir se é terrestre a partícula com que nos sucedesse topar, em pleno espaço, longe da superfície sólida da Terra.

Há já alguns anos que estamos a contribuir activamente para apagar os limites entre a esfera terrestre e o Universo. Com cada sonda espacial que não retorna à Terra perdemos para sempre tempo, material e energia. Disparando um foguetão, fazemos agir uma alta pressão equivalente, em direcção oposta, ao nosso planeta. Em rigor, nesse processo, o que era astro Terra, mais a sonda espacial, decompõe-se em dois corpos celestes. Estamos habituados há muito ao processo inverso: a junção da Terra com um corpo celeste, isto é, o embate de meteoritos. E, à semelhança dum gigantesco impacte, que, segundo a direcção da queda, vem ferir a Terra, actua no nosso planeta natal a força de repulsão do foguetão. Nos dois casos, os efeitos — quer no que concerne à órbita da Terra em torno do Sol, quer quanto à rotação da Terra sobre si mesma — são, é óbvio, incomensuràvelmente pequenos.

O nosso globo terrestre não é a esfera sólida, nìtidamente limitada do nosso modelo do Universo. É apenas um sector, um espaço do sistema solar, do Cosmo — sem lugar fixo, sem limites demarcados —, e, embora ilimitado, é o nosso pequeno mundo.

Misteriosas paisagens lunares

A Lua, onde já vivemos mentalmente, converteu-se, nos últimos tempos, num centro de pesquisas científicas. É estranho que saibamos tão pouco sobre o corpo celeste mais próximo de nós, ìntimamente ligado por forças de gravitação ao nosso planeta. E não é só isto: o nosso satélite é um verdadeiro *excêntrico* do espaço. É demasiado grande para o seu planeta, a Terra. Existem inúmeras e primorosas fotografias da superfície da Lua voltada para nós. Nelas distinguimos sectores claros e escuros, montanhas, crateras enormes, semelhantes a vulcões, e vales. Cá e lá, a superfície lunar apresenta-se coberta de listas claras. Nas fotografias ampliadas distinguem-se até gretas, fendas ou precipícios. Essas fotografias foram examinadas com o máximo cuidado. Infelizmente, porém, o que se vê nelas não basta para as interpretar. Os telescópios gigantes, como o do Monte Palomar, não são especialmente adequados para fotografar a Lua; a sua ampliação é tão forte que os movimentos da nossa atmosfera se tornam um estorvo quando se queira fotografar um objecto tão «próximo» como o nosso satélite.

No recinto guarnecido de estanho de um estádio desportivo de Chicago construiu-se, em 1942, o primeiro reactor atómico. Atesta-o actualmente uma placa de bronze. Quase defronte dessa placa está a entrada do Instituto Enrico Fermi, de estudos nucleares, onde se reunia, durante a guerra, um escol de pesquisadores atómicos. Ocupava entre eles lugar saliente Harold C. Urey, distinguido, em 1943, com o Prémio Nobel de Física, por ter descoberto o hidrogénio pesado, o deutério. Urey, bom chefe de família, cuidava da sua casa e do seu jardim. Era um idealista, como tantos outros físicos e técnicos do passado e dos nossos dias, que, arrebatados pelo prazer de experimentar, pelo entusiasmo científico, criaram armas tremendas. Finda a guerra, Urey, cumulado de distin-

ções, abandonou os estudos nucleares. Sonhara com um governo internacional guiado pela razão, e não com mortandades em massa. Procurou, portanto, outro sector de trabalho. Dois problemas o atraíam especialmente: donde provém a vida da Terra e como se constituiu o satélite do nosso planeta, isto é, como se formou a sua superfície? No fim da guerra, quando Urey começou a ocupar-se da Lua, este corpo celeste ainda era um objecto de investigação de carácter absolutamente pacífico. A origem, a superfície, as singularidades da Lua constituíam um problema cativante, sem o menor interesse para políticos e militares. Hoje, já não temos a certeza disso. Repetir-se-á a tragédia do físico Urey? Será possível que o mais pacifista dos investigadores já não possa trabalhar sem que os poderes interessados em destruir lhe explorem a obra?

Urey tinha diante de si apenas uma fotografia da Lua dividida em duas parte. Conseguira-se fotografar para ele, nas condições mais favoráveis, as metades esquerda e direita da Lua. Urey olhou, mediu, calculou.

A Lua tem três mil quatrocentos e setenta e seis quilómetros de diâmetro. (Diâmetro da Terra: doze mil quinhentos e setenta e seis quilómetros.) Separa-a da Terra a já citada distância de trezentos e oitenta e quatro mil trezentos e noventa e três quilómetros. A sua densidade, o seu peso específico, é, em média, 3,34. Todos estes valores são conhecidos. Mas que idade tem a Lua?

Ora, poderíamos responder: a mesma idade que a Terra. Mais crítica é a pergunta: havia calor na Lua quando ela se formou? Urey reflectiu nisso muito tempo. Actualmente, a Lua é fria. Quanto calor pode perder no curso de milhões de anos uma esfera das dimensões da Lua, um corpo celeste sem envoltório protector de nuvens, sem atmosfera? Urey chegou a este resultado singular: nunca houve calor na Lua. Em todo o período da sua formação, esse corpo celeste foi

frio. Ao tirar esta conclusão, Urey descobriu que outro cientista, K. G. Gilbert, obtivera o mesmo resultado em 1892.

Fortalece a opinião de Urey uma série de singularidades do nosso satélite. Tal como a Terra, a Lua é mais volumosa no equador, mais achatada nos pólos. Na Terra, a diferença é muito grande, porque, em resultado de a rotação ser mais rápida — uma por dia —, as forças centrífugas são consideráveis. Considerando-se a massa e a rotação da Lua — uma em 28 dias —, a diferença de diâmetro pólo-equador não deveria exceder cinquenta metros. Importa, pelo contrário, num quilómetro. A Lua tem ainda um *calombo*, causado pela atracção da Terra. Se esta saliência tivesse quarenta metros de espessura, estaria certo; na realidade, porém, a diferença importa mais uma vez num quilómetro. As duas observações explicam-se, admitindo que a Lua haja estado outrora mais perto da Terra e girasse com mais velocidade. Existe até uma hipótese, segundo a qual a massa deste corpo celeste é um bloco de material terrestre da região ocupada actualmente pelo oceano Pacífico. Se a Lua houvesse passado por uma fase de fusão, aplainar-se-iam em todo o caso as suas deformações primitivas. Caberá a uma das expedições à Lua comprovar se o interior do nosso satélite consta de aglomerações de blocos isolados ou de uma estrutura de matéria maciça e se esconde um núcleo pesado que autorize a supor um estádio de fusão.

Mas donde provêm as crateras? Se o nosso satélite sempre foi frio, não era possível registarem-se ali flamejantes erupções vulcânicas. Seriam apenas massas de gases que, exercendo pressão dentro do corpo celeste, provocaram, em extractos frouxos de pó, inchaços que mais tarde rebentaram? Em 1893, Gilbert também formara uma opinião. A seu ver, as crateras da Lua foram devidas a choques com outros corpos celestes. Durante muito tempo, investigadores de épocas mais recentes não se interessaram por essa teoria. Urey é físico; quis saber se tais colisões são possíveis.

Por exemplo: no caso da cratera desmesurada de Mare Imbrium, vasta área escura na metade inferior da Lua. Que dimensões não deveria ter um corpo celeste e que força de embate não se teria produzido para arrasar tamanho espaço? Notam-se, no Mare Imbrium, certas desigualdades. A cratera quase circular tem, num certo ponto, uma espécie de tumefacção. Acaso acertou ali o impacte dum corpo celeste desconhecido? Este deveria então medir cerca de duzentos quilómetros de diâmetro. Urey fez os seus cálculos. Numa densidade de 3,5, à velocidade provável de dois mil trezentos e oitenta metros por segundo, o embate geraria quantidades enormes de energia. O cálculo deu um número alarmante: $4,5 \times 10^{32}$, uma energia equivalente à que libertariam quatrocentos e sessenta mil milhões de bombas atómicas. Uma coisa inconcebível! Corresponderia, comparativamente, a uma bomba atómica para cada mil e cem metros quadrados da superfície terrestre. Não podemos fazer ideia do que se passou em tais condições. Extensões incalculáveis da Lua foram revolvidas e pulverizadas; grandes blocos de rocha desprenderam-se, foram arremessados para o alto e caíram em qualquer parte. Se fosse possível distribuir regularmente na Lua o corpo celeste causador da colisão, resultaria daí uma camada de cento e dez metros de espessura. Admitindo que ele contivesse 1 % de água — o que é absolutamente discutível —, a Lua poderia ter temporàriamente uma camada de água de três metros e nove centímetros de altura.

Dois factos autorizam a presumir a existência de vastas planícies lunares cobertas de pó: o modo como as radiondas curtas são reflectidas pela superfície da Lua e a actividade vulcânica observada por um cientista soviético. Neste segundo caso, talvez se trate de alguma erupção de gases que provocaram um torvelinho de pó.

Será exacto que, aos trinta metros de profundidade, a Lua contém, nas suas rochas, uma camada de cristais de gelo de

uns oitocentos metros de espessura? Foi a conclusão a que se chegou nos Estados Unidos, conclusão baseada na reflexão de ondas radiotelescópicas. Talvez seja possível, porque os trinta metros de espessura da camada superior seriam insuficientes para conter a evaporação dessa reserva de água da Lua. Haverá maiores quantidades de água debaixo da camada de gelo? Ainda não sabemos. A existência de água na Lua, dessa ou de qualquer outra forma, seria em todo o caso um elemento de máximo valor para os astronautas que venham a habitar futuras bases no nosso satélite.

O voo da estação automática interplanetária

Ainda hoje estão por decifrar muitos enigmas lunares. Serão as listas claras, que derivam de várias crateras, solo escavado mais claro? Porque elas não atravessam o centro do impacte, mas passam, em parte, nas suas vizinhanças. Como se originaram as curiosas frestas dentadas que dão a ideia de ter uma bola de neve rolado numa camada de neve recente? Donde provêm as cadeias de montanhas da Lua, enfileiradas, não raro paralelas?

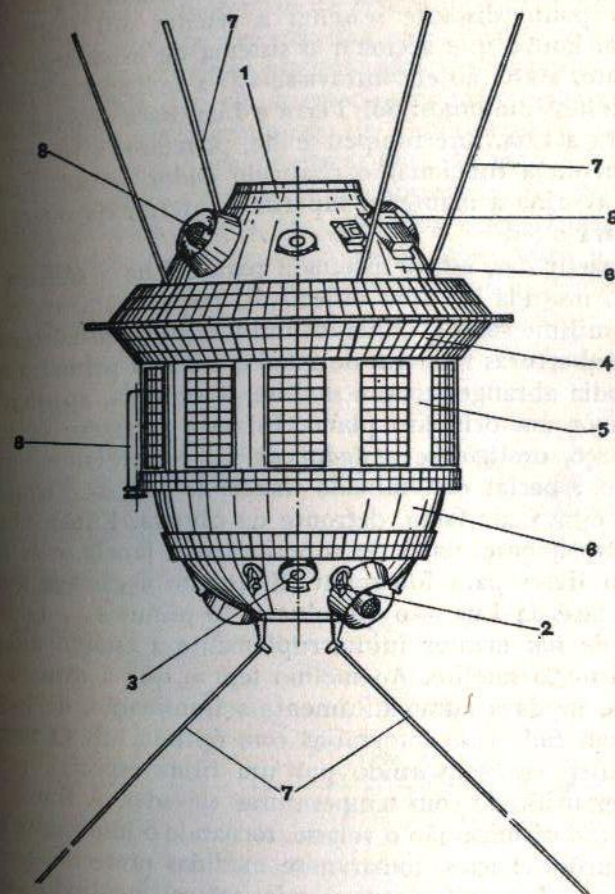
E haverá de facto um *túnel* na Lua? Em certo planalto, distinguem-se duas manchas claras; continuando a direcção de ambas, há uma faixa estreita de massa lunar esbranquiçada. Será o efeito do voo rasante, na superfície da Lua, de um meteorito que, atravessando a cordilheira, lhe pulverizou os cumes e dispersou o pó algures?

As hipóteses e teorias dos últimos tempos evidenciam quão pouco sabemos sobre a Lua. Segundo essas hipóteses, a Lua já teve uma atmosfera análoga à nossa. Então, devia existir ali água também. Considerou-se igualmente a possibilidade de na mesma época haver vida no nosso satélite, partindo da suposição de que o desenvolvimento da vida na Terra houvesse começado há dois mil e seiscentos milhões de anos,

e há um bilião de anos reinasse na Lua condições semelhantes.

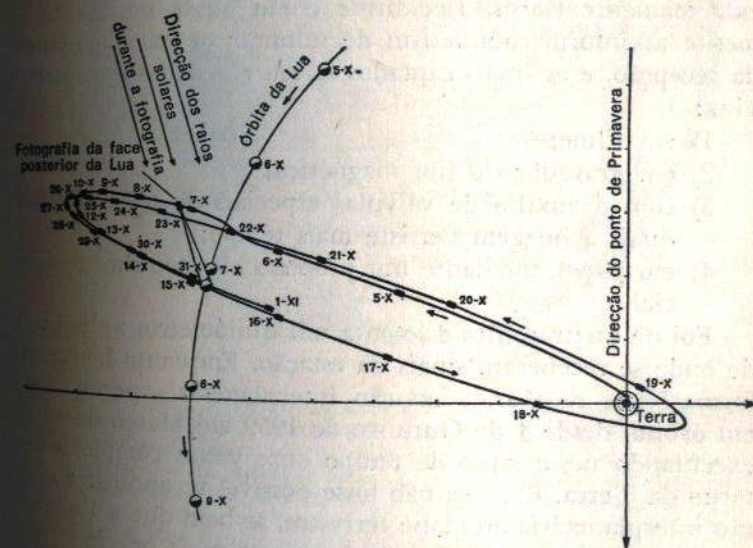
As fotografias da outra face da Lua, tiradas por um satélite soviético, não contribuíram para resolver o enigma lunar. Os que acreditavam na semelhança do verso do nosso satélite com a face voltada para nós tiveram uma decepção. O outro lado da Lua não apresenta crateras de grandes dimensões; o que se vê nas fotografias é certo número de paredões circulares e uma montanha que se estende quase em direcção norte-sul: a cordilheira Soviética. Como se formaram elas e de que se compõem essas paisagens lunares? Resta apenas esperar que, nos próximos anos, pelo menos algumas destas questões recebam resposta exacta. Talvez futuros astronautas possam desembarcar na Lua um aparelho de análise espectral. Os dados que viessem a ser transmitidos forneceriam uma base sólida aos nossos conhecimentos.

As dificuldades técnicas de empreendimentos semelhantes são grandes. Contudo, o voo da estação automática interplanetária, que fotografou a outra face da Lua, demonstrou a possibilidade de realizar, no espaço cósmico, experiências físicas com grande precisão. No caso da estação interplanetária lançada para o espaço pelos cientistas soviéticos, tratava-se de um aparelho de um metro e trinta de comprimento (sem antenas) e um metro e vinte de diâmetro, colocado, em princípio, numa órbita calculada com antecedência e muita exactidão. No terceiro dia de voo, a estação alcançou a esfera de atracção da Lua, tendo então sido desviada de modo que pudesse voar em torno da face oposta do satélite.

Durante a viagem em direcção à Lua expirou o tempo de funcionamento de vários complexos automáticos. Cumpria cuidar, na estação, que a temperatura nunca excedesse os 25° C. Só essa temperatura garantia o funcionamento perfeito dos aparelhos e das baterias eléctricas. Criou-se, portanto, uma instalação apropriada, a fim de atenuar com persianas a radiação solar, de modo a fornecer um aquecimento adicio-

Esquema da estação automática interplanetária: 1, janela da câmara fotográfica; 2, propulsor do sistema de orientação; 3, disposição das fotocélulas do sistema de orientação para o Sol (dador de Sol); *4, células da bateria solar; 5, persianas do sistema regulador de calor; 6, blindagem contra o calor; 7, antenas; 8, aparelho de pesquisa cuja função exacta não foi divulgada*

nal ou a eliminar calor supérfluo. Aproximando-se a estação de um ponto distante sessenta a setenta mil quilómetros da Lua, houve que accionar o sistema de orientação. Nesse momento, a estação encontrava-se sob a radiação de três corpos celestes luminosos: Sol Terra e Lua. Para orientar a estação para a Lua, interrompeu-se-lhe, primeiro, a rotação. Depois entrou a funcionar o chamado *dador de sol*, aparelho que se destina a manter a superfície inferior da estação voltada para o Sol.

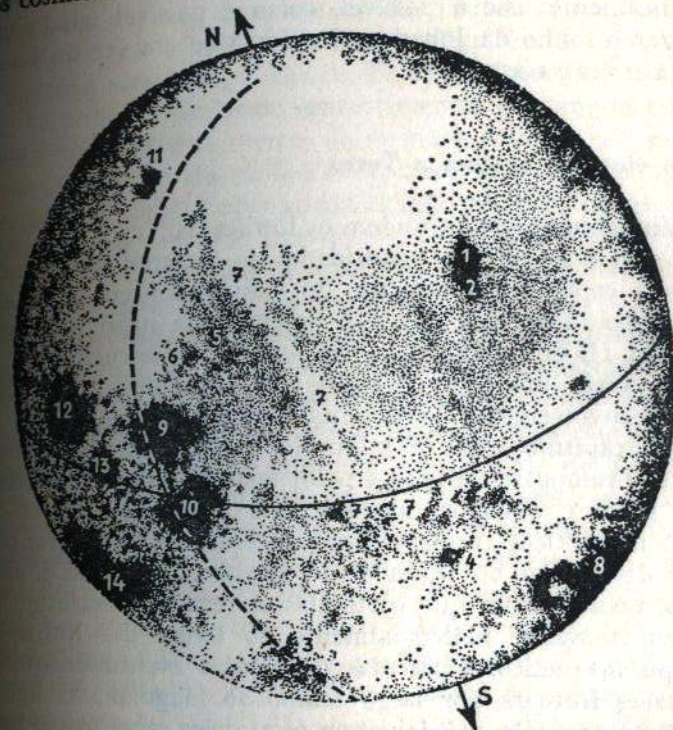
A partir daí, estava assestada para a Lua a câmara fotográfica, munida de duas objectivas, respectivamente de duzentos milímetros e quinhentos milímetros de distância focal, com as aberturas relativas de 1:5,6 e 1:9,5. A primeira objectiva podia abranger todo o satélite; a segunda, apanhava-lhe um sector em primeiro plano. Estando a estação orientada no espaço, desligou-se o *dador de sol* e, mediante um dispositivo especial denominado *dador de lua*, verificou-se se a Lua estava, de facto, defronte da câmara. Então, abriu-se automàticamente, na parte superior, uma janela, e as lentes ficaram livres para fotografar. Enquanto a câmara fotografava a face da Lua — o que durou 40 minutos —, coube ao *dador de lua* manter ininterruptamente a estação assestada para o nosso satélite. Ao mesmo tempo que a câmara fotografava, mudava automàticamente a iluminação, de forma a obter em cada caso fotografias com óptima luz. O material fotográfico era constituído por um filme especial, próprio para ser utilizado com temperaturas elevadas. A fim de que a radiação cósmica não o velasse, tornando-o imprestável para reproduções exactas, tomaram-se medidas protectoras contra a radiação. Fotografar com os raios solares incidindo perpendicularmente sobre a superfície da Lua era circunstância desfavorável às fotografias. Os contornos e as sombras fortes que estávamos habituados a ver nas antigas fotografias da Lua não se notam, graças às providências acima citadas, nas fotografias soviéticas da face posterior deste corpo celeste.

A órbita da estação automática interplanetária chegou a sete mil e novecentos quilómetros do centro da Lua. Calculara-se que, no momento da sua máxima aproximação, o aparelho deveria estar ao sul desse planeta. Mas, em consequência da atracção exercida por ele, a estação foi mais e mais para o norte. O seu maior afastamento da Terra orçou por quatrocentos e oitenta mil quilómetros. Quando voltou, enfim, a aproximar-se da Terra, podia ser observada, no hemisfério setentrional, como se fora um astro sem ocaso. Descrevendo uma ampla órbita elíptica, no curso de poucos dias, a estação chegou a quarenta e sete mil e quinhentos quilómetros do nosso planeta.

Órbita da estação interplanetária soviética desde o lançamento até ao dia 1 de Novembro de 1959. A numeração indica as posições da estação durante o voo. Vistas da Terra, a iluminação da Lua e a sua forma (quarto crescente) são evidentes

Aí começou a última fase do empreendimento. A bordo da estação, o filme desenvolvido, fixado e enxuto automàticamente, foi revelado num aparelho especial de transmissão. Mediante radiocomandos ao satélite — que depois de fotografar fora posto de novo a girar —, ligaram-se a bordo as correntes eléctricas da televisão. Iluminou-se, em seguida, o filme revelado, que passou lentamente diante de uma teleobjectiva. O que a câmara registava transformava-se em radioimpulsos e era enviado à Terra. Entretanto, como a estação interplanetária estava no espaço havia duas semanas, dispunha de correntes eléctricas adicionais correspondentes aos aparelhos de emergência para a radiotransmissão. O que os postos de observação na Terra podiam captar eram sinais extremamente fracos. Decidiu-se então ouvir muito lentamente as informações, a fim de minorar os inconvenientes da recepção, e os sinais captados foram registados em quatro vias:

1) em filme;
2) em gravador de fita magnética;
3) com o auxílio de válvulas especiais de televisão, nas quais a imagem persiste mais tempo;
4) em papel, mediante um processo electroquímico especial.

Foi de quatrocentos e setenta mil quilómetros a distância de onde se receberam sinais da estação. Enquanto houve informações a receber, a estação interplanetária permaneceu em órbita, desde 4 de Outubro de 1959 até Março de 1960, executando nesse lapso de tempo onze voltas completas em torno da Terra. Embora não fosse possível reconduzir a estação interplanetária ao globo terrestre, se bem que a Lua, em medida cósmica, seja apenas um objecto mais próximo, este empreendimento deve ser considerado um extraordinário êxito técnico e científico. Levou uma nave espacial não tripulada às regiões de outro corpo celeste e regressou ao

âmbito do planeta donde partira. Ligou, portanto, dois corpos cósmicos.

Uma das principais formações da face posterior da Lua: a linha curva, da esquerda para a direita, representa o equador da Lua; a linha ponteada, de cima para baixo, indica o limite entre a parte visível da Terra (à esquerda) e a parte invisível da superfície lunar. 1, mar de Moscovo, um mar-cratera de trezentos quilómetros de diâmetro; 2, golfo dos Astronautas, no mar de Moscovo; ao sul dele, no equador da Lua, a mancha escura do mar de Mendeleiev; 3, mar Meridional, com continuação no hemisfério lunar voltado para nós; 4, cratera Ziolkowski, com monte central; 5, cratera Lomonossow; 6, cratera Joliot-Curie; 7, cordilheira Soviética; 8, mar de Metschta; 9, mar da Periferia; 10, mar de Smith, com continuação no hemisfério lunar visível; 11, mar de Humboldt; 12, mar das Crises; 13, mar das Ondas; 14, mar da Fertilidade

Não se divulgou se a estação espacial soviética, na ida ou na volta, fotografou também a Terra de grande distância. Tècnicamente, isso é possível, como é possível igualmente realizar o sonho de Johannes Kepler, que era ver da Lua a Terra e outros astros.

Duas cinturas cingem a Terra

Vimos como se confundem os limites da Terra com os do Universo e as grandes quantidades de material que o nosso planeta capta contìnuamente do Cosmo, sobretudo do Sol. O campo magnético terrestre desempenha nisso um papel especial. Há cinquenta anos, um pesquisador norueguês admitia a possibilidade de as linhas de força magnéticas desse campo envolverem a Terra como outros tantos magnetes.

No capítulo sobre a migração continental vimos como elas se prolongam de pólo a pólo: menos cerradas e horizontais, sobre o equador magnético da Terra; em torno dos pólos magnéticos apresentam-se concentradas na Terra, com forte declinação, ou afastadas do magnete Terra. Já é, além disto, noção escolar que partículas carregadas elèctricamente podem mover-se helicoidalmente ao longo das linhas do campo magnético. Partículas carregadas eventualmente de electrões flutuam por largo tempo ao longo dessas linhas, dum a outro pólo, até deixarem num deles a sua prisão magnética. Quando isto ocorre, vemos flamejar auroras boreais nos limites da atmosfera terrestre. Finalmente, já é notório há tempo que, depois de erupções gasosas no Sol, as auroras boreais são muito numerosas, evidentemente porque o campo magnético terrestre não pode conter todos os portadores de carga expelidos pelo Sol. Consequentemente, em 1938, durante um máximo de manchas solares, até na Alemanha, isto é, muito aquém do pólo magnético setentrional, se observaram auroras boreais.

São indubitàvelmente energias ingentes as que ali actuam. Apesar disto, causou surpresa nos Estados Unidos depararse-lhe essa cintura magnética da Terra. No dia 10 de Fevereiro de 1958 subiu ao espaço o «Explorer I», que completou uma rotação em torno da Terra em 1 hora 46 minutos e 42 segundos e, oscilando entre trezentos e quarenta e oito e mil cento e setenta metros de altitude, transmitia regularmente os valores de radiação captados pelo seu contador. As medições tinham apenas um defeito estético: de quando em quando, o contador parava. Seria mesmo defeito? Teria o lançamento provocado algum desarranjo? Ou haveria lá em cima espaços isentos de radiação?

Na Universidade de Iowa, onde um grupo de físicos, sob a direcção de J. A. van Allen, interpretava as medidas, era grande a perplexidade. A maior parte dos valores transmitidos não correspondia ao que se esperava. Mas que significavam as lacunas que se entremeavam na série de medidas?

A solução do enigma não foi tão difícil como se receara nos primeiros momentos de surpresa. Um contador só pode contar as partículas uma por uma. Se a alteração da carga provocada pela primeira partícula, no seu interior, não se equilibrar antes que lhe suceda a segunda partícula, esta não será registada; a segunda partícula, isto é, a segunda unidade de radiação, cai no *tempo morto* do aparelho. Foi este exactamente o caso. As lacunas não provinham de estar o satélite atravessando faixas isentas de radiação, mas, sim, regiões em que o contador ficava sobrecarregado.

Em 1 de Maio de 1958, Van Allen expôs esse fenómeno, em conferência pronunciada numa sessão da National Academy of Sciences americana. O entusiasmo suscitado pelo novo conhecimento foi tão grande que, a partir daí, a zona dessa radiação começou a denominar-se *cintura de Van Allen,* porque cinge a Terra, à guisa de larga faixa, no equador. Em Agosto desse ano, pesquisadores da U. R. S. S. divulgaram,

no quadro das comunicações do ano geofísico, que o «Sputnik» lhes permitira observar igualmente a cintura de Van Allen.

Más perspectivas para os astronautas

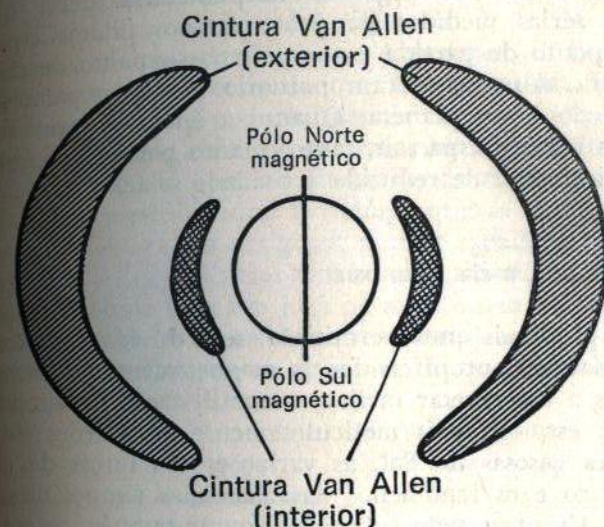
A descoberta da faixa de radiação de Van Allen significava uma dificuldade imprevista para a futura navegação interplanetária. Efectivamente, seria lícito expor um homem a essa radiação? Já o ameaçam todas as erupções solares — o «Discoverer XVII», por exemplo, voltou lá de cima radioactivo — e não é possível predizer quando nas nuvens de gás são expelidas pelo Sol.

Calculava-se que a cintura de Van Allen não tivesse espessura superior a três mil quilómetros. Logo, uma nave espacial a atravessaria ràpidamente; e também haveria probabilidade de elaborar medidas protectoras contra a radiação. A faixa de radiação não era, portanto, um obstáculo insuperável.

Sùbitamente, malograram-se todas as esperanças, quando a sonda espacial do «Pioner III» — da altitude de cento e dez mil quilómetros — começou a transmitir as medições registadas a bordo. Destas depreendia-se a existência de uma segunda cintura de Van Allen, aparentemente muito mais ampla. Segundo as medidas da sonda espacial, os centros das duas faixas distintas de radiação deveriam distar de nós respectivamente treze mil e vinte e cinco mil quilómetros.

Em Agosto de 1961, ocorreu o lançamento do «Explorer XII». A sua órbita em torno do nosso planeta oscilava entre duzentos e setenta e oitenta mil quilómetros de altitude. O laboratório físico que o satélite levava a bordo completou com as suas medições o que se supunha até então. Entre as duas faixas de radiação não existiam presumìvelmente limites demarcados; todavia, era bem possível que se tratasse duma única e gigantesca faixa de radiação da Terra.

Essa *magnetosfera* devia ter, no entanto, uma estrutura e, de acordo com medições anteriores, seria estratificada.

Na parte interna da magnetosfera já era possível pesquisar minuciosamente a radiação. Consistia esta em duas partes, uma delas mais fraca, a outra mais poderosa. Entende-se por mais poderosa, isto é, mais carregada de energia,

Representação esquemática da Terra, com as duas faixas de radiação Van Allen

a parte componente que atravessa uma camada de alumínio de um centímetro de espessura. São provàvelmente protões. A radiação mais *ténue*, mais fraca, é aparentemente formada de electrões.

Não se conhece por miúdo o processo de formação das duas zonas de radiação. Supõe-se, em linhas gerais, que a

rna receba o seu material do Sol — provàvelmente
de *vento do Sol*. Sobre o abastecimento de material
nterna, as opiniões ainda divergem muito. Há indí-
ue a magnetosfera, no seu diâmetro, varie muito,
igamos: *respire*. A causa disso talvez seja a intensi-
ável do *vento do Sol*.
entanto, unânime a opinião de que a faixa de radia-
afecte a navegação interplanetária, desde que se
ɛrias medidas de protecção aos pilotos espaciais.
nto de partida e — esperemos — ponto de chegada
só se consideram, portanto, as regiões polares mag-
o nosso planeta. Quanto à época, imagina-se rea-
iagens espaciais, tanto quanto possível, só em anos
mente de reduzida actividade solar.

nos mais uma vez

óximos anos permitirão, sem dúvida, novas desco-
ore as propriedades da magnetosfera. Não nos limi-
interpretar melhor a manifestação de auroras bo-
estudar mais meticulosamente as relações entre as
gasosas do Sol, as variações das forças do campo
o e os fenómenos das chamadas tempestades mag-
Cumpre, pelo contrário, apurar também as possíveis
entre os fenómenos climáticos e as novas faixas de
que cingem a Terra. Quando estivermos assim mais
rmados, talvez convenha repetir uma experiência
ática, já efectuada nos Estados Unidos, sem pleno
ento da sua significação: a explosão de uma bomba
ou de uma bomba de hidrogénio, a grande alti-
ito pouco sabemos acerca do que então aconteceu.
atómica foi lançada no espaço, presumìvelmente, no
Agosto de 1958. Nesse dia, a amplidão do sistema
pela primeira vez, teatro duma explosão nuclear

provocada pelo homem. Não tardaram a evidenciar-se as consequências dessa experiência. Em Janeiro de 1959, à luz crepuscular, comprovou-se a presença de grandes quantidades de lítio na atmosfera de Saskatoon, no Canadá. Agora uma determinada quota, já observada anteriormente, esse lítio devia ser atribuído ao mencionado teste atómico. Em semelhante empreendimento, represaram-se electrões libertados algures pela cintura de Van Allen e houve uma aurora boreal artificial. Isso também foi registado.

Uma experiência dessa espécie é perigosa. Pode dar azo a coisas muito mais sérias do que uma aurora de efeito óptico insignificante: pode influenciar a rotação da Terra, alterar o equilíbrio eléctrico das camadas atmosféricas superiores, em razão do que até mudanças de clima entram no domínio das possibilidades. É notório que as explosões atómicas na atmosfera são perigosas, porque espalham materiais radioactivos. As experiências com bombas atómicas em grande altitude são ainda hoje um jogo de azar, e não convém brincar com a Terra. É de crer que o nosso planeta seja equilibrado mais sùbtilmente, no universo, do que se pode julgar pela aparência.

Experiências na magnetosfera

O nosso conhecimento da magnetosfera ainda é muito fragmentário. Quanto à relação entre as erupções gasosas do Sol e as variações das forças do campo magnético do nosso planeta (as já mencionadas tempestades magnéticas), estamos muito precàriamente orientados. Todavia, já em 1958 se iniciou intencionalmente, ou involuntàriamente — isto pouco importa —, a pesquisa experimental das propriedades da faixa terrestre de radiação. Dentro da série das suas experiências atómicas, os cientistas americanos detonaram, a grande altitude, três bombas atómicas de poder reduzido, no

faixa externa receba o seu material do Sol — provàvelmente sob forma de *vento do Sol*. Sobre o abastecimento de material da parte interna, as opiniões ainda divergem muito. Há indícios de que a magnetosfera, no seu diâmetro, varie muito, pulse — digamos: *respire*. A causa disso talvez seja a intensidade variável do *vento do Sol*.

É, no entanto, unânime a opinião de que a faixa de radiação não afecte a navegação interplanetária, desde que se tomem sérias medidas de protecção aos pilotos espaciais. Como ponto de partida e — esperemos — ponto de chegada na Terra, só se consideram, portanto, as regiões polares magnéticas do nosso planeta. Quanto à época, imagina-se realizar as viagens espaciais, tanto quanto possível, só em anos estatìsticamente de reduzida actividade solar.

Salvamo-nos mais uma vez

Os próximos anos permitirão, sem dúvida, novas descobertas sobre as propriedades da magnetosfera. Não nos limitaremos a interpretar melhor a manifestação de auroras boreais, a estudar mais meticulosamente as relações entre as erupções gasosas do Sol, as variações das forças do campo magnético e os fenómenos das chamadas tempestades magnéticas. Cumpre, pelo contrário, apurar também as possíveis ligações entre os fenómenos climáticos e as novas faixas de radiação que cingem a Terra. Quando estivermos assim mais bem informados, talvez convenha repetir uma experiência muito prática, já efectuada nos Estados Unidos, sem pleno conhecimento da sua significação: a explosão de uma bomba atómica, ou de uma bomba de hidrogénio, a grande altitude. Muito pouco sabemos acerca do que então aconteceu. A bomba atómica foi lançada no espaço, presumìvelmente, no dia 1 de Agosto de 1958. Nesse dia, a amplidão do sistema solar foi, pela primeira vez, teatro duma explosão nuclear

provocada pelo homem. Não tardaram a evidenciar-se as consequências dessa experiência. Em Janeiro de 1959, à luz crepuscular, comprovou-se a presença de grandes quantidades de lítio na atmosfera de Saskatoon, no Canadá. Afora uma determinada quota, já observada anteriormente, esse lítio devia ser atribuído ao mencionado teste atómico. Em semelhante empreendimento, represaram-se electrões libertados algures pela cintura de Van Allen e houve uma aurora boreal artificial. Isso também foi registado.

Uma experiência dessa espécie é perigosa. Pode dar azo a coisas muito mais sérias do que belas, embora de efeito óptico insignificante: pode influenciar a rotação da Terra, alterar o equilíbrio eléctrico das camadas atmosféricas superiores, em razão do que até mudanças de clima entram no domínio das possibilidades. É notório que as explosões atómicas na atmosfera são perigosas, porque espalham materiais radioactivos. As experiências com bombas atómicas em grande altitude são ainda hoje um jogo de azar; e não convém brincar com a Terra. É de crer que o nosso planeta seja equilibrado mais sùbtilmente, no universo, do que se pode julgar pela aparência.

Experiências na magnetosfera

O nosso conhecimento da magnetosfera ainda é muito fragmentário. Quanto à relação entre as erupções gasosas do Sol e as variações das forças do campo magnético do nosso planeta (as já mencionadas tempestades magnéticas), estamos muito precàriamente orientados. Todavia, já em 1958 se iniciou intencionalmente, ou involuntàriamente — isto pouco importa —, a pesquisa experimental das propriedades da faixa terrestre de radiação. Dentro da série das suas experiências atómicas, os cientistas americanos detonaram, a grande altitude, três bombas atómicas de poder reduzido, no

mês de Agosto de 1958 (Projecto *Argus*). O resultado foi uma estranha luz crepuscular, observada sobre Saskatoon, indício de pairarem ali, a grande altitude, quantidades excepcionais do metal alcalinolítico. Na opinião dos técnicos, as bombas atómicas deflagradas eram possìvelmente bombas de hidrogénio, em cuja reacção nuclear aparece o lítio. Houve a seguir uma insólita aurora boreal, sinal de que electrões libertados pela explosão no campo magnético da Terra, apanhados na sua trajectória na faixa terrestre de radiação, haviam atingido a região polar.

Não sabemos exactamente se, e em que medida, as explosões soviéticas também influíram na magnetosfera. É de supor que nas duas maiores experiências atómicas russas, de fins de Outubro de 1961, se hajam arremessado a altas regiões quantidades consideráveis de lítio, porque mais uma vez se observou em Saskatoon uma luminosidade análoga à já mencionada.

Numerosos cientistas fizeram então ouvir a sua voz para admoestar. Poderia a influência exercida na magnetosfera ter consequências nocivas ao nosso planeta, não sendo de se excluir, dentre elas, alterações climáticas.

Fosse como fosse, nos Estados Unidos as esferas militares insistiam em realizar explosões atómicas a grande altitude. Sabia-se há muito que à aparição de auroras boreais estão ligadas perturbações de radiorrecepção. Seria possível que a linha de radares da rede defensiva norte-americana não registasse essas explosões?

Ao termo de algumas tentativas frustradas, os Americanos conseguiram deflagrar, nas proximidades da ilha Johnston — 16,7° de latitude norte, 16,5° de longitude oeste —, no dia 9 de Julho de 1962, pelas 9 horas e 15 segundos, hora internacional, uma poderosa bomba atómica a uns trezentos e vinte quilómetros de altitude. O espectáculo que se ofereceu aos observadores nocturnos, em Honolulu, a mil e duzentos quilómetros de distância da ilha Johnston, foi grandioso: fla-

mejou primeiro um resplendor branco, ao qual se seguiu um efeito de cores esverdeadas que, cerca de cinco segundos depois, se converteu em rosa-vivo. Ao cabo de 5 a 7 minutos o fulgor esmaeceu, assemelhou-se a um pôr do Sol e extinguiu-se totalmente.

O momento da explosão fora escolhido com cuidado extremo. Já no dia 29 de Junho de 1961 subira ao espaço um satélite especial denominado «Injun I», que, oscilando entre oitocentos e noventa mil e dez quilómetros, dava a volta completa à Terra em 104 minutos. Dispunha de três medidores de radiação de tipo especial; e, antes da explosão, anunciava regularmente cada particularidade das secções da cintura de Van Allen próximas da Terra. Registava de setecentos a mil e duzentos electrões e protões por segundo. Quando a bomba detonou, o satélite «Injun I» estava a oitocentos e oitenta e seis quilómetros de altitude, rumo a nordeste sobre o Pacífico, voando para o Canadá, com o local da explosão directamente atrás de si. Três quartos de hora depois, atravessava o território da Rodésia do Sul e passou a transmitir valores extremamente altos de actividade de radiação. Em vez de cerca de mil partículas, registava então mais de onze mil. Dos resultados transmitidos pelo satélite, uma hora após a explosão, deduziu-se que deviam estar adicionalmente no campo geomagnético 10^{24} electrões. Nas regiões próximas da Terra, onde se observava uma partícula de radiação, havia provàvelmente cem partículas; e tão carregadas de energia, que houve necessidade de munir o contador de outra camada protectora de chumbo. Até além de seiscentos quilómetros de altitude, cingia a Terra uma faixa de radiação, na qual não se esperava encontrar tamanha intensidade.

Mas o «Injun I» não era o único satélite que se encontrava em rota favorável quando ocorreu a explosão atómica. O «Ariel», satélite comum dos Estados Unidos e do Reino Unido, lançado em 26 de Abril de 1962 e que descrevia uma órbita em torno da Terra, oscilando entre trezentos e noventa

e três e mil duzentos e nove quilómetros de altitude, também estava pronto para registar a radiação subsequente à explosão atómica. Fora provido de um contador Geiger-Müller e, além disto, dum hemocitómetro especial, para radiação cósmica, em blindagem de chumbo. A aparelhagem do «Ariel» funcionava, havia meses, òptimamente. No momento da explosão, 9 de Julho de 1962, o satélite anglo-americano achava-se sobre a ilha Johnston a sete mil e quatrocentos quilómetros de distância do local da detonação. A sua rota passava sobre o istmo da América Central. Era, pois, de prever que o «Ariel» passasse, à distância correspondente, a leste do local da explosão. Mal haviam decorrido 20 segundos, funcionaram os aparelhos do satélite, para dar conta de uma actividade de radiação muito elevada, que atingiu o índice máximo registável. Ocorrera, portanto, alguma coisa absolutamente nova, excepcional. A perturbação originada pela explosão da bomba atómica propagara-se com velocidade quase inconcebível. Abalara quase toda a magnetosfera! Oito minutos depois, a radiação intensificou-se, a ponto de exceder a capacidade dos aparelhos de medida e de registo do satélite «Ariel», e este continuou a registar esse alto grau de radiação até alcançar o Atlântico Setentrional. Nas suas órbitas seguintes em torno da Terra, o «Ariel» passou mais e mais perto da ilha Johnston. Compreende-se, pois, que a curva traçada pelo registador acusasse um furioso ziguezague, correspondente ao acréscimo e ao declínio da radiação.

Dois resultados fornecidos pela curva de registo foram positivos. Primeiro: os electrões introduzidos no campo geomagnético formam, dentro de vinte minutos, uma faixa de actividade em torno da Terra; segundo: todas as regiões compreendidas entre os 20 graus de latitude norte e os 20 graus de latitude sul são dotadas dos máximos valores de actividade.

Os electrões da explosão de 9 de Julho de 1962 penetra-

ram na magnetosfera, até à profundidade de trinta mil quilómetros.

Nos dias seguintes, até 12 de Julho de 1962, declinou sensivelmente a intensidade da radiação. Durante quanto tempo ainda subsistiriam ali os seus restos? Não foi possível dar informação segura.

Mortandade de satélites

A potência, as energias, os próprios perigos da faixa de radiação reforçada, em parte alguma se evidenciam tão claramente como na capacidade de funcionar dos próprios satélites. «Ariel», testemunha principal da experiência, foi o primeiro satélite que *morreu*. Fraquejou-lhe o coração electrónico. Em breve espaço, as suas transmissões tornaram-se fragmentárias. A 13 de Julho, quatro dias após a explosão, enguiçou o seu sistema emissor. Ocorrera o que não se julgaria possível: a actividade da radiação tornara imprestáveis as células solares que, até aí, haviam fornecido energia ao satélite. Não teve muito melhor sorte o «Injun I». Ainda assim, prejudicado gravemente nas suas funções, e com o contador protegido por chumbo só por dentro, continuou por certo tempo a transmitir conhecimentos relativos às novas faixas de radiação.

A 15 de Novembro de 1961, lançados pelo mesmo foguetão, foram para o espaço os satélites «Transit IV-B» e «Traac». Entraram juntos em órbita e serviram para experiências especiais de navegação. As partículas carregadas da nova faixa de radiação desarranjaram-lhes igualmente as células solares e o emissor não funcionou. O pequeno satélite «Traac» ainda continuou a transmitir, pelo espaço dum mês, o que estava em condições de captar com um contador revestido de chumbo. Finalmente, esgotaram-se também as suas forças. De várias zonas de radiação intensificada, transmitiu tam-

bém o satélite retransmissor de emissões de rádio e televisão «Telstar», dos Bell Telephon Laboratories. As células solares do aparelho sofreram igualmente graves danos.

Alguns satélites militares de observação dos Estados Unidos tiveram a mesma sorte. Assim, a explosão das faixas de radiação terrestre tem sido até hoje a história trágica das estações espaciais não tripuladas, sacrificadas a uma experiência estratégica de consequências desconhecidas.

A nova faixa de radiação é, para a navegação espacial humana, perigo maior do que a radiação da magnetosfera natural do globo terrestre. Os voos tripulados não poderão ultrapassar a altitude de duzentos e cinquenta quilómetros. Deverão limitar-se à chamada *rota Gagarin*, zona estreita entre a camada atmosférica densa e a faixa de radiação. Só dos cento e vinte aos cento e cinquenta quilómetros de altitude, a resistência do ar é suficientemente reduzida para não causar estorvo ao voo de naves interplanetárias. Que precisão é necessária para imprimir a melhor trajectória possível a um foguetão tripulado! Mas com que segurança isso é possível bem o demonstraram os voos das naves espaciais soviéticas «Wostok III» e «Wostok IV». A «Wostok III» desenvolvia aos cento e oitenta e três quilómetros de altitude a velocidade de sete mil oitocentos e vinte e um metros por segundo. A «Wostok IV» voava a cento e oitenta quilómetros de altitude, com uma velocidade de sete mil oitocentos e vinte e quatro metros por segundo. Consequentemente, conseguira-se manter para ambas a mesma velocidade, com a diferença insignificante de três metros por segundo. Um êxito assombroso, se o compararmos à velocidade de voo em si. Se um foguetão levar a uns cento e oitenta quilómetros de altitude uma nave espacial e a velocidade desta for inferior à velocidade necessária apenas 0,5 %, a nave interplanetária regressará à Terra, sem ter girado em torno dela uma vez sequer.

Indubitàvelmente, a radiação intensa da magnetosfera é grave obstáculo a qualquer navegação cósmica tripulada, enquanto a intensidade da radiação não retornar ao nível normal. Por outro lado, baseando-nos, porém, nos nossos conhecimentos sobre a faixa de radiação da Terra, podemos então dizer que o verdadeiro espaço cósmico, a região onde já não estamos sujeitos a nenhuma influência terrestre, começa cerca de oitenta mil quilómetros acima da superfície do nosso planeta, isto é, além da magnetosfera.

PARTE IV

A Terra produziu animais vivos, cada qual segundo a sua espécie

1. Moisés 1.24

O *Génesis* divide a origem da vida em três partes. No terceiro dia da criação criaram-se primeiro os vegetais. Seguiram-se-lhes, no quinto dia, os animais marinhos e as aves. No sexto dia, produziram-se os animais terrestres; finalmente, o homem.

Que sabemos hoje sobre o génese da vida? Ainda não podemos cultivar a vida artificial na retorta; efectivamente, o que costumamos denominar vida é já uma forma sumamente desenvolvida. No empreendimento de reproduzi-la, teríamos, de certo modo, de estabelecer uma competição connosco mesmos. Isto é: teríamos de criar artificialmente, não apenas uma forma qualquer de vida, mas vida consciente, racional; e naturalmente só nos daríamos por satisfeitos com criar seres com-

pletos, à nossa semelhança. E estas concepções não tiveram seguimento.

Surtiram êxito as experiências, mediante as quais se demonstrou que o aparecimento da vida na Terra não foi obra do acaso, e sim um processo que evoluiu, óbvia e forçosamente, como lei da natureza. A ausência absoluta de vida seria mais de estranhar do que a sua existência. Contudo, se a origem da vida for consequência de leis naturais, perguntamos: fazendo abstracção do nosso planeta, onde há circunstâncias que também tenham causado, ou venham a causar, o aparecimento de formas de vida — onde mais existe vida?

CAPÍTULO I

E A TERRA ERA DESERTA E VAZIA

NESTE PONTO, KANT ERROU — TEORIA DA TURBULÊNCIA DE WEIZSÄCKER — O NOSSO PLANETA É APENAS UM RESTO — A ORIGEM DA ATMOSFERA DE OXIGÉNIO

Parece que na história da criação relatada na Bíblia faltam dados decisivos. Para principiar, não se menciona que antes dos seres vivos se hajam criado gases. O ar também não é citado. Facto desconcertante, pois a importância da atmosfera para a origem da vida superior não deveria pròpriamente escapar aos cronistas minuciosos do *Génesis*. Ou ela se lhes afigurou tão natural? Seja como for, só o segundo capítulo do Primeiro Livro de Moisés alude ao *hálito vivo*.

Dir-se-ia que, neste ponto, existe uma lacuna intransponível no curso dos acontecimentos. É justamente o contrário. Com segurança verdadeiramente admirável, nos primeiros versetos se aduz uma *fase anterior*, o *céu*, talvez um estádio de princípio informe, difuso, da criação — exactamente a situação de onde sempre partiram até aos nossos dias os cientistas, quando tentaram explicar a formação do nosso sistema planetário. E dessas tentativas houve muitas.

Os planetas do Sol sempre figuraram entre os objectos preferidos e mais interessantes da astronomia. Já em tempos remotos, havia certas noções dos seus movimentos, do seu volume, da sua distância do Sol. Consequentemente, qualquer teoria da origem do nosso sistema planetário teve de interpretar pelo menos esse material de observação.

Exigia explicação, por exemplo, certa regularidade do nosso sistema planetário na literatura antiga, apresentada nestes termos por Arago, em 1837, aos leitores como uma simplificação:

«Escreva-se numa linha a seguinte progressão, cuja lei progressiva se percebe à primeira vista:

0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192

Some-se a cada termo da progressão o número 4. Obteremos assim:

4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196.»

E, mais adiante, Arago salienta com orgulho que assim se obtém a distância entre os planetas e o Sol, sendo de regra 10 a distância Terra-Sol. Efectivamente, o cálculo é exacto:

Planetas	Valor antigo	Valor actual
Mercúrio	4	3,87
Vénus	7	7,23
Terra	10	10
Marte	16	15,24
Planetóide	28	27
Júpiter	52	52,03
Saturno	100	95,39
Urano	196	191,91

Estes jogos de números dão ao problema um interesse especial. Sentem-se inclinados a resolver o enigma do nosso sistema planetário não só os homens de ciência, mas também os leigos. Isto lembra, de certo modo, a *teoria do gelo universal* do engenheiro mecânico austríaco Hanns Horbiger, teoria que causou sensação, em 1920. Horbiger era engenheiro competente; figura na história da técnica como inventor duma válvula especial. Os seus filhos Paulo e Átila foram actores famosos; nem por isso a teoria do gelo universal deixou de ser um erro.

Neste ponto, Kant errou

Nas mais antigas tentativas de entender o nosso sistema planetário procurou-se primeiramente explicar o movimento de rotação dos planetas. Parecia natural que a sua rotação fosse o resultado de um impulso. Consequentemente, em 1749, George Louis Leclerc, naturalista francês, que granjeou fama como autor de uma História Natural em quarenta volumes, não hesitou em admitir que o Sol se tenha chocado outrora com um cometa gigantesco, o qual arrancou com a cauda fragmentos de matéria solar e entrou em rotação.

Semelhante concepção do sistema planetário parece um tanto arbitrária e alarmante. No fim de contas, alguma coisa do género poderia acontecer mesmo nos nossos dias.

Emanuel Kant tentou traçar o quadro dum desenvolvimento orgânico. Situou no princípio uma enorme nuvem de gás, do tamanho do nosso sistema planetário e imaginou-a em rotações. Mais tarde, a pouco e pouco — aduziu Kant —, essa nuvem esfriou e condensou-se. Dessa maneira se originou um Sol primitivo, girando com velocidade crescente. Forças centrífugas incalculáveis desprenderam do equador do astro a matéria de que se formaram os planetas. O matemático francês Pierre Simon, marquês de Laplace, adoptou

a teoria de Kant, desenvolveu-a e publicou-a em 1796, na sua *Exposition du Sistème du Monde*, uma história primitiva do Cosmo.

Em meados do século XIX, essa teoria sofreu uma revisão radical, apurando-se então que algumas proporções não estavam certas. Por exemplo: o Sol do modelo Kant-Laplace deveria executar sete rotações em torno do seu eixo no espaço de uma hora, enquanto na realidade para uma única rotação são precisas quase quatro semanas. Finalmente, procurou-se coordenar do modo mais plausível o que, até aí, se apresentara como simples especulação, e nada mais.

Teoria da turbulência de Weizsäcker

Ainda em 1944, lia-se na literatura científica que nenhuma das teorias apresentadas até então poderia sustentar-se, «pois cada uma delas, submetida a uma revisão matemática exacta, contrastava com os factos». O filósofo naturalista Bernhard Bavink, que formulou este juízo severo sobre as hipóteses dos maiores naturalistas e pensadores do século, só a uma delas concedeu certa medida de probabilidade: «Por conseguinte, também é problemático se, nos tempos modernos, se poderá manter a hipótese de Jeans, segundo a qual a passagem de outra grande estrela fixa tenha extraído do Sol uma cauda de matéria, a princípio rala, depois mais densa e, finalmente menos espessa, que se distribuiu entre os planetas. Esta hipótese esclarece pelo menos a distribuição desigual das massas dos planetas e muitas outras coisas. Ainda assim, seria exagero considerá-la solução definitiva do problema.»

Mas, quando apareceu o seu livro *Ergebnisse der Naturwissenschaften*, o problema tivera pela primeira vez solução satisfatória. No Outono do ano de 1943, o jovem físico alemão Carl Friedrich Weizsäcker divulgou uma nova inter-

pretação, partindo do princípio de que um sector do Cosmo contém matéria interastral, poeira finíssima e gases (provàvelmente hidrogénio). A densidade dessa massa — a princípio, talvez, inferior a um centésimo do grama num milhão de quilómetros cúbicos — vai aumentando. Origina-se o Sol com um dos seus envoltórios gasosos. E da aglomeração de poeira e gases, a certa distância do astro central, formaram-se automàticamente os planetas. É surpreendente a exactidão com que a teoria de Weizsäcker se adapta, matemática, física e astronòmicamente, ao nosso sistema solar, como coordena as massas, a direcção das rotações, a duração das revoluções.

Eis, porém, o principal da *teoria da turbulência* de Weizsäcker: ela não descreve nenhum caso especial. A criação do nosso sistema planetário não é de modo algum excepcional. Quase todos os astros e sistemas planetários se formaram, sem dúvida, dessa maneira. A teoria longamente aceite, interessante em si — segundo a qual o Sol chocou com um cometa ou um meteoro gigantesco —, está, portanto, ultrapassada. Além de extremamente improvável, semelhante embate não permitia explicar, sem lacunas, a grandeza dos planetas, a sua distância do Sol e a sua rotação própria. Demais, resta em caso especial aclarar como se originou o Sol.

O nosso planeta é apenas um resto

Ainda não podemos dizer que havia temperaturas quando se formou o planeta Terra. As opiniões a este respeito divergem. O certo é que, a princípio, tudo eram trevas. A poeira e as nuvens de gás ofuscavam o Sol. Onde quer que atingissem a zona de atracção da Terra, as partículas de pó depositavam-se lentamente. As nuvens gasosas, pelo contrário, continuavam a vaguear, em grandes massas, no Cosmo. Nesse período primordial, o globo terrestre sofreu, sem dúvida,

perdas consideráveis de substância. Certos elementos químicos faltavam-nos completamente, ou quase; e deviam existir originàriamente em grandes quantidades. Singularmente reduzido é, na nossa atmosfera, o teor dos assim chamados gases nobres. Cumpre admitir que o ar primitivo do globo terrestre fosse rico de hidrogénio, notòriamente muito leve. Este gás espalhou-se no espaço e arrebatou quotas consideráveis de gases nobres. E não é de excluir que, por intervalos, a Terra tenha perdido totalmente a sua atmosfera. A que hoje respiramos é uma atmosfera secundária. Se calcularmos meticulosamente a nossa provisão terrestre de hidrogénio, veremos que ela corresponde à quantidade que pode ser contida numa crosta terrestre de vinte a trinta quilómetros de espessura. Esta quantidade coincide com a espessura da crosta sólida do globo. O nosso ar actual esteve sem dúvida contido nessa camada. É lícito supor, com certa probabilidade de acertar, que o que hoje consideramos a Terra seja apenas um fragmento da massa original deste planeta. Observemos, como termo de comparação, o planeta Júpiter, de massa trezentas e dezoito vezes maior que a da Terra. A sua força de atracção é, correspondentemente, maior, e ainda hoje esse planeta se compõe de 80 % de hidrogénio e 20 % de hélio, gás nobre leve. Porém, nas camadas externas da Terra, as que naturalmente mais carecem de hidrogénio, este gás ocupa talvez o oitavo ou décimo lugar. Por outro lado, no pequeno planeta Marte, o hidrogénio restante são resíduos insignificantes. Ainda assim, Marte é suficientemente volumoso, para fixar na sua atmosfera pelo menos CO_2, um gás pesado. Logo com a Terra, nós ocupamos uma posição provàvelmente intermediária.

Se nos primórdios da criação perdemos muito material terrestre, obtivemos, em troca, outra coisa nova e muito valiosa: dissiparam-se as nuvens de pó e os envoltórios gasosos. A luz solar pôde atingir a superfície terrestre. E *a luz fez-se.*

A origem da atmosfera de oxigénio

É possível, sem dificuldade, mencionar uma série de processos, em razão dos quais a Terra foi, por largo período, não só quente, mas ardente. Já quando as matérias iniciais se estratificavam, libertou-se o calor de compressão. Além disto, os elementos resultantes reagiam entre si. Durante a formação dos minerais primitivos, o calor de reacção era por certo considerável. Acrescente-se a isto o calor proveniente da desintegração de materiais radioactivos. Há, entretanto, argumentos que induzem a não lhes exagerar a importância. Finalmente, as massas primitivas deslocaram-se reciprocamente, até criar uma situação estável. É de supor que nisso também se libertasse muita energia térmica.

Qual foi o grau de calor da Terra? Os nossos continentes consistem principalmente em granito, o qual contém como minerais elementares quartzo, feldspato e mica. Para que o granito pudesse formar-se pelo resfriamento, houve necessidade duma temperatura de, pelo menos, 1000° C. Acreditamos que debaixo dos extractos delgados da crosta terrestre, hoje consolidada, exista um núcleo central, no qual a parte externa, pelo menos, ainda se presume que seja líquida.

A temperatura do globo terrestre declinou muito lentamente. As primeiras áreas revestiram-se duma crosta mais firme. Isto, porém, não significou a estabilização do nosso planeta. Rasgavam-se frestas donde jorravam gases e massas em fusão; as forças vulcânicas moldavam a forma da Terra. Vastas áreas consolidaram-se finalmente; reconstituiu-se o envoltório gasoso que se dissipara; o oxigénio e o hidrogénio combinaram-se, produzindo água; onde as temperaturas fossem suficientemente baixas, a água condensou-se e começaram as chuvas; nas regiões mais quentes, a água evaporou-se e as nuvens envolveram a Terra.

Nas erupções vulcânicas, libertaram-se gases, principal-

mente bióxido de carbono, metano, gases sulfurosos e combinações de azoto. Na circulação da água, dissolveram-se sais minerais. Aguaceiros contínuos começaram a corroer a superfície das rochas. Voragens, depressões e frestas encheram-se de água salgada e confluíram em mares.

À medida que progredia o resfriamento, decresceram as chuvas. Mas o facto decisivo para o destino da Terra foi um fenómeno ulterior: a luz solar decompôs uma parte do vapor de água das nuvens. Libertou-se oxigénio. Uma parte de oxigénio ficou na nova atmosfera terrestre; outra parte dissolveu-se na água dos mares.

E o oxigénio tornou possível a nossa vida.

CAPÍTULO II

DO ESPECTRO DA VIDA

WÖHLER DERRUBA A «FORÇA VITAL» — OS DEVORADORES DE PETRÓLEO — QUE FORMA DE VIDA SE MANIFESTOU PRIMEIRO? — A CAUSA DA EXTINÇÃO DOS SAURIOS — VIDA DAS BACTÉRIAS NO SAL

É antigo o desejo de criar a vida artificial, tanto quanto a crença de que, se não o conseguirmos cientìficamente, será possível obtê-la por artes mágicas. O homem sempre aspirou a quebrar esse grande privilégio do Criador. O feiticeiro de tribo tentou, com esconjuros e danças rituais, ressuscitar os mortos e reconduzi-los entre os vivos. Com o recurso da magia negra, os alquimistas da Idade Média europeia tencionavam fabricar o homúnculo nos seus cadinhos de bruxos. O elixir da mocidade destinava-se a dar vida perene. A pedra filosofal, aspiração suprema da alquimia, deveria conferir poderes criadores de vida. A vida parecia o máximo milagre. Apesar de tudo, não se desiste de repetir a tentativa.

Vem de tempos remotos também a crença de uma *geração espontânea*, isto é, de seres vivos nascidos de detritos orgânicos. A formação de vermes no estrume ou os ratos nascidos do lodo do Nilo não parecem coisas incríveis. E, em 220 de-

pois de Cristo, aludia-se à existência de ratos que eram animais perfeitos na parte anterior e de lodo na parte posterior.

Aristóteles, durante dois milénios autoridade decisiva em ciências naturais e filosóficas, acreditava sèriamente na possibilidade de nascerem de matéria elementar adequada plantas e animais, como abelhas, mosquitos, moscas, rãs, etc. O influente autor didáctico da alta Idade Média, Isidoro de Sevilha, que morreu em 636, era igualmente do mesmo parecer. Citemos também a lenda da árvore geradora de gansos ou patos; a crença de Hipócrates de poderem originar-se parasitas no sangue e no pus; e o médico e pensador árabe Avicenna (980-1037) que julgava digna de crédito a versão segundo a qual de *misturas apropriadas* podiam nascer seres humanos. Atribuía-se aos próprios astros participação nesses processos. É ainda Avicenna quem refere que, em tempos idos, certa vez, durante uma trovoada, caiu da atmosfera um bezerro quase completo.

Até ao século XVI, estas fábulas eram reputadas reais. Os tempos modernos não contribuíram muito para corrigir, nesse sector, as concepções absurdas. Ambroise Paré, um dos fundadores da cirurgia moderna (1517-1590), opinava que de humores humanos em decomposição poderiam originar-se parasitas; e não era uma opinião isolada. O próprio Denis Diderot (1713-1784), o grande enciclopedista do iluminismo, acreditava na possibilidade dos animais de organização superior se *descristalizarem* do solo terrestre.

Seria falta de tacto citar os nomes de todas as personalidades que, ainda depois do ano de 1800, se atinham firmemente à teoria da geração espontânea. Se bem que ligados em demasia à tradição, não eram maus cientistas nem maus filósofos.

Entrementes, a ampliação geral dos conhecimentos químicos, no século XVIII, conduzira à divisão das várias substâncias em grupos isolados. Averiguou-se que certo número delas apareciam, quer no reino animal, quer no vegetal, e que ou-

A lenda da árvore geradora de gansos, ou patos, baseia-se em observações erróneas. Ignorava-se donde vinham dar à costa irlandesa e escocesa filhotes de gansos polares. Supunha-se que descendessem do pato-marisco, *espécie de crustáceo de patas em forma de pena. Os patos-mariscos pousavam habitualmente em lenha de arribação. Daí a versão de eles serem frutos duma* árvore dos gansos ou dos patos. *Apesar de certas dúvidas, a lenda transmitiu-se até ao século XVIII*

tras eram encontradas nos minerais. Por volta de 1780, diferençaram-se as combinações químicas em *corpos orgânicos e inorgânicos*, e não pairavam dúvidas sobre a possibilidade de produzir artificialmente os corpos inorgânicos, isto é, minerais. Contudo, pelo que parecia, não se estava à altura de formar corpos orgânicos. Era dogma irrefutável que as substâncias orgânicas só se originariam com o auxílio de determinada força vital, a *vis vitalis*. Mas o que era essa força vital? Seria a própria *vida*? A crença na força vital era tão

arraigada que alguns químicos famosos, como Gay-Lussac e Dobereiner, na interpretação dos resultados das suas experiências preferiram ater-se a suposições fantásticas, em vez de concordarem com a existência da matéria orgânica.

A origem da vida era um mistério. Continuaria a sê-lo?

Wöhler derruba a «força vital»

No dia 31 de Julho de 1800 veio ao mundo, em Eschersheim, naquele tempo ainda em Frankfurt-sobre-o-Meno, Friedrich Wöhler. Seu pai, estribeiro do príncipe herdeiro de Hesse, passou mais tarde ao serviço do duque de Meiningen, como estribeiro, perito agrícola e intendente do teatro da corte. Esta combinação de cargos, por mais estranha que pareça, evidencia o talento multiforme de Wöhler.

Já no curso secundário, seu filho Friedrich optou pelo estudo da física, da química e da mineralogia. Ao terminar o curso, em 1820, já era químico e autor de várias modestas descobertas. Em Marburgo, estudou com o famoso professor de química e medicina Leopold Gmelin; mas abandonou o estudo de química, o qual — na opinião de Gmelin — seria para ele perda inútil de tempo. Formando-se em Medicina, Wöhler tornou a encontrar em Estocolmo um mestre famoso, o *papa da química* daquela época, Berzélio, autoridade incontestada em todas as questões da sua ciência. No Outono de 1824, Wöhler regressou à Alemanha. Ao termo de certa actividade didáctica em escolas profissionais de Berlim e Kassel, foi chamado à Universidade de Gotinga, onde permaneceu até à sua morte, ocorrida a 23 de Setembro de 1882.

Wöhler viveu num tempo em que a Química vinha sendo posta em alicerces definitivos. August Wilhem von Hofmann lançava os fundamentos da química da anilina, com a qual criou as bases da florescente indústria alemã de tintas. August Kehulé ocupava-se das condições de liga do carbono. Bunsen

e Kirchhoff descobriram a análise espectral. Apurava-se a existência de novos elementos. Wöhler obteve o primeiro *alumínio metálico*. A princípio, foram só lantejoulas de um brilho metálico de estanho. Mas, em 1845, Wöhler anunciou de Gotinga ao seu amigo e colega de Giessen, Justus von Liebig, com o qual mantinha assídua correspondência:

«Descobri que é possível obter o alumínio em bolinhas fundidas, do tamanho duma cabeça de alfinete, perfeitamente maleáveis, de uma alvura de estanho, fáceis de dissolver em solução de potássio.»

Foi uma época sumamente criadora. Os êxitos sucediam-se. Em rápida sequência, realizavam-se análises e sínteses de novas substâncias. Naturalmente, cometiam-se erros, aos quais não escapou sequer o grande Liebig. A 26 de Junho de 1839, escreveu ele a Wöhler:

«Tenho uma grande novidade, da qual nem me atrevo a falar, porque já vejo com os olhos da mente o teu trejeito irónico. Tenho um processo de cristalizar o carbono e obter uma espécie de diamante. Deves ver esta substância à luz do Sol. Por ora, não digas nada a ninguém.»

Por sorte, Wöhler guardou sigilo. Em consequência, a descoberta de Liebig permaneceu ignorada até à publicação da correspondência dos dois cientistas, em 1888.

Quase logo depois de ter nas mãos o primeiro alumínio, Wöhler conseguiu a grande, a fantástica descoberta da sua vida, derrubando a velha teoria de que só a *força vital* pode gerar matéria orgânica: produzir ureia na retorta. A 22 de Fevereiro de 1882, comunicou em termos categóricos ao seu ex-mestre Berzélio os resultados da sua experiência:

«[...] de facto, não posso, por assim dizer, deixar de revelar a minha água química, e devo comunicar-lhe que fiz ureia sem precisar dos rins de nenhum animal, quer este seja homem ou cão. O amoníaco cianídrico é ureia [...] que obtive fàcilmente [...] em quantidade [...] isto é, cristalizada em límpidos prismas rectangulares [...] Só faltava com-

pará-la à ureia natural [...] Esse confronto provou-me paradoxalmente que a ureia natural tem composição exactamente idêntica à do amoníaco cianídrico [...]»

Até receber essa carta, Berzélio fora um dos defensores mais zelosos da teoria da força vital. Sempre excluíra a possibilidade de que se pudessem produzir substâncias orgânicas com elementos minerais, inorgânicos. No seu tratado da síntese orgânica, escrevera em 1827, isto é, um ano antes da comunicação de Wöhler:

«A arte não pode combinar os elementos da natureza inorgânica, à maneira da natureza viva. Nas nossas experiências, produzimos apenas combinações e compostos binários dos ditos elementos.»

Todavia, a partir de 1828, Berzélio converteu-se — e o seu parecer era então decisivo. Quebrara-se o encanto; e ele respondeu entusiàsticamente a Wöhler:

«[...] realmente, o senhor doutor descobriu, sem dúvida, a arte de alcançar em linha recta um renome imortal. O alumínio, a ureia artificial, duas coisas tão diferentes e conseguidas uma após outra, com intervalo tão breve, meu senhor! Serão pedras preciosas, engastadas na sua coroa de louros [...]»

Nasceu assim a química da vida, a *bioquímica*. A princípio, os caminhos para a substância capaz de produzir o organismo vivo divergiam amplamente dos da natureza. Actualmente, sabemos como se operam as sínteses no organismo, podemos observá-las, imitá-las, reconstruí-las passo a passo.

Os devoradores de petróleo

Que é pròpriamente a vida?

É possível dizer logo: o que vive pode morrer; no fim da vida está a morte. Não é, em verdade, uma definição cien-

tífica; mas contém uma afirmação importante: a vida é apenas um estado de duração limitada.

Mas quando podemos dizer que se vive? Quais são para nós os sintomas da vida?

Faz indubitàvelmente parte da vida a assimilação: comer e beber. Vegetais e animais ingerem alimentos e com eles se sustentam. A reprodução também deveria ser uma característica da vida. Esperamos, além disto, num ser vivo, que ele tenha dimensões limitadas, uma espécie de epiderme. De um modo geral, tendemos para dizer que a criatura viva deveria ser provida de órgãos e que só nos organismos rudimentares os órgãos não são características absolutamente seguras. Sabemos da existência de microrganismos que flutuam em torno do seu alimento, que o envolvem, e assim se nutrem. Estes seres microscópicos não têm boca nem estômago, nem sequer órgãos superiores. Finalmente, pelo que sabemos, exigem-se no ser vivo atractivos externos.

Mais incerta se torna a caracterização da vida se dissermos: o que vive necessita de calor, de ar, de luz. Nas formas de vida elementar, isto não é condição imprescindível, visto que são numerosas as bactérias que não precisam de ar para viver. O mesmo podemos dizer em relação ao calor. Muitos organismos podem congelar-se bem abaixo do zero do nosso termómetro sem morrer. Mesmo as plantas não se congelam incondicionalmente quando a temperatura desce abaixo de zero e a água gela. Certos vegetais produzem e acumulam substâncias capazes de reduzir o ponto de congelamento da água e, portanto, de lhes conservarem a seiva intacta até abaixo de 0° C. Por outro lado, há microrganismos que podem viver em fontes termais quentes, quase em ebulição, talvez até num géiser de Yellowstone.

Sem luz, não há vida? Outra asserção susceptível de ser desmentida. O petróleo, oculto desde milénios nas entranhas da Terra, contém as chamadas bactérias do petróleo. Estas vivem sem luz, sob a pressão de enormes camadas rochosas,

expostas a temperaturas muito elevadas. Vivem, *devorando* o hidrocarboneto do petróleo, reduzindo extensas correntes de carbono a minúsculos fragmentos. É tão grande o seu apetite que já se pensou sèriamente em contagiar com esses bacilos antigas fontes petrolíferas improdutivas. Os insignificantes restos móveis das correntes de carbono, *produtos da digestão* das bactérias, amaciam a dureza das massas de petróleo restantes e facilitam a sua extracção.

As bactérias do petróleo não são, no entanto, a única espécie desses curiosos seres vivos, embora a alimentação continue a constar de combinações do carbono. As bactérias redutoras de sulfatos contentam-se amplamente com uma alimentação químico-inorgânica. Na Inglaterra, em épocas de escassez de enxofre, tentou-se utilizar a assimilação desses micróbios para produzir enxofre!

Podemos colocar, ao lado destes microrganismos, nitratobactérias e nitritobactérias. Essas também, para viver, não precisam senão das mais simples combinações de carbono; e extraem energia da assimilação de combinações inorgânicas.

Que forma de vida se manifestou primeiro?

Numa dissertação de época muito recente há uma observação que pode ter importância neste relatório. Encontra-se ela numa passagem sobre a pesquisa da assimilação das bactérias redutoras de fosfatos e enumeram-se as culturas de bactérias, criadas em soluções aquosas, que só continham simples sais inorgânicos, ou apenas sulfatos. Foi preciso evitar com todo o rigor o contacto do ar com as culturas para que as bactérias não morressem. A sua assimilação é anaeróbia, isto é: os processos vitais podem ser perturbados pela presença do ar. O autor chegou, entre outros, a este resultado: nas várias bactérias redutoras de sulfatos observa-se pouca afinidade sistemática. Por outras palavras, existe uma variedade

extraordinàriamente grande dessas estranhas criaturas. Sabemos que esses microrganismos devem existir há muitos milhões de anos. Mas, para se formarem em tão numerosas espécies, as condições ambientes deviam favorecer-lhes a formação — o que significa: devemos admitir que a abundância de espécies desse género de bactérias se originou num mundo onde o oxigénio da nossa atmosfera desempenhava função secundária. Por outro lado, a atmosfera daquele tempo poderia conter ácido sulfídrico; e as citadas nitratobactérias e nitritobactérias talvez suportassem um *ar* impregnado de amoníaco. Logo, é lícito presumir que pelo menos as bactérias redutoras de sulfatos, com o seu metabolismo singular, pertençam às espécies de seres vivos mais antigos da Terra.

Que formas de vida apareceram primeiro? Sim, porque talvez nem todas se tenham originado ao mesmo tempo. É de crer que se manifestassem a princípio formas primitivas extraordinárias. Seriam os primeiros seres, que podemos qualificar de vivos, já providos de metabolismo que, embora mais grosseiro do que o processo a que damos hoje esta denominação, permitisse no entanto uma existência de certa duração e a reprodução para conservação da espécie?

Os organismos mais simples das eras primitivas não podiam ser muito diferenciados. Em confronto com eles, as bactérias redutoras de sulfatos já são criaturas bem constituídas. Enquanto hoje vegetais e animais consomem materiais de desenvolvimento — hormonas, vitaminas e enzimas —, aqueles microrganismos podiam viver com recursos simples. Ainda hoje existem vegetais que *saem do seu papel*. Alguns concentram o elemento tóxico selénio; outros, como a cavalinha, contêm quantidades consideráveis de silício. Dos tunicados do Mediterrâneo, sabemos mais ou menos que concentram o metal raro vanádio. Serão eles os sobreviventes daquelas eras primordiais? Poderíamos justificar mais amplamente a nossa hipótese. Nas minas de carvão encontram-se quantidades relativamente grandes de germânio. Como se

armazenou ali esse elemento? Nas fossilizações, acham-se, em acumulação surpreendente, césio, tálio e titânio. Seriam eles outrora necessidade vital, tão necessária talvez como o é o iodo para a formação do nosso hormónio tiróideo? Ou eram, já na época da sua concentração, resíduos anteriores de permuta orgânica vegetal ou animal?

Seria interessante urdir especulações. Por exemplo: numa Terra onde prevalecesse a temperatura de cerca de 100° C, originar-se-ia uma espécie de vida totalmente diversa da que julgamos conhecer? Acaso as nuvens gasosas em movimento, que acusam qualquer deslocação de energia no seu interior, ou nas orlas, e se dividem, também se multiplicam? Ou descem à superfície terrestre, absorvem *alimento*, voltam a pairar no alto, se pulverizam e dissipam? Tudo isto é mera suposição. Nada sabemos de semelhante *vida*.

Ainda assim, mesmo essa teoria não é tão absurda. O filósofo e naturalista alemão Gustav Teodor Fechner avançou mais um passo, desenvolvendo uma teoria segundo a qual existem paralelos entre a vida dos seres terrestres e uma vida dos astros, particularmente dos planetas. No dizer deste cientista, os planetas são organismos superiores, dotados de funções materiais correspondentes à sua grandeza. Sempre de acordo com Fechner, os planetas deveriam possuir, até, uma alma. Embora, noutros sectores, esse cientista fosse um pesquisador rigorosamente positivo, a citada teoria não encontrou aceitação. Talvez a apoiasse Goethe, que, a 11 de Abril de 1827, exteriorizou, na presença de Eckermann, ideias a bem dizer mais arrojadas: «Imagino a Terra, com a sua atmosfera gasosa, como um ser vivo, perenemente entretido em inalar e exalar.»

A causa da extinção dos sáurios

Também seria interessante investigar que grau extremo de grandeza atingiram os seres vivos. Conhecemos microrganismos de tamanho mínimo que são indubitàvelmente dotados de vida. Os maiores vegetais do presente deveriam ser as alterosas árvores mamutes; o maior animal é sem dúvida a baleia. Por outro lado, já em épocas remotas, a Terra se revestiu de vegetações gigantescas, provàvelmente no tempo das florestas carboníferas. Sabemos que existiram répteis colossais, os sáurios. Como se extinguiram eles? Haverá possibilidade de se desenvolverem novamente espécies análogas, ou maiores?

Intervém aqui uma nova teoria de certo pesquisador soviético. Enquanto até hoje se atribuía às alterações climáticas essenciais a extinção de determinadas espécies, os cientistas russos procuram a causa algures. Só nos últimos mil anos, observa-se na nossa Via Láctea, pelo menos, cinco explosões de Supernovas, isto é: brilharam novas estrelas. Mas agora, pelo exemplo da já citada Supernova do ano de 1054, sabemos que os restantes resíduos de nebulosa contêm grandes quantidades de radiação cósmica. Poderá o nosso Sol — e, portanto, a Terra —, no seu movimento na Via Láctea, ter-se aproximado de um desses espaços? Foi este sem dúvida o caso, se uma Supernova explodiu nas nossas vizinhanças, o que, desde a origem do nosso planeta, deve ter ocorrido provàvelmente uma dezena de vezes. Mas, depois, houve talvez épocas em que a densidade da radiação cósmica se tornou dez e até cem vezes maior do que na actualidade. Daí, não é lícito concluir que o facto tivesse sérias consequências biológicas e genéticas. Os seres vivos de vida breve, isto é, de reprodução rápida, foram possìvelmente menos atingidos. Os animais de vida longa devem ter sofrido danos catastróficos na sua massa hereditária. Nisto poderíamos ver a causa da grande

mortandade dos répteis no fim do período cretáceo. Em compensação, durante a travessia dessas zonas de radiação, poderiam ter aparecido formas de vegetações novas e luxuriantes, talvez no curso do período carbonífero. Pesquisas ulteriores demonstrarão possìvelmente se esta teoria terá confirmação. Aqui só a citamos, considerando que ela venha esclarecer a origem e a extinção de seres vivos de grandeza descomunal.

Vida das bactérias no sal

Não menos fantástico seria imaginar que não existem vidas de duração extremamente breve. Tendemos em geral para atribuir a todo o ser vivo no mínimo alguns dias de vida. Será necessário? Talvez haja vidas que duram apenas horas, ou minutos, vidas cujo metabolismo se opera com grande rapidez — segundo o nosso modo de ver — e se completa, no indivíduo em questão, com resultados idênticos aos do nosso. Acaso o número das nossas sensações ultrapassa o das sensações do insecto efémero que dura um só dia? Devemos compenetrar-nos de que nada sabemos a este respeito. Seja como for, responder à questão de quão breve ou longa pode ser uma vida requer ponderação extrema.

Pode um organismo durar quinhentos milhões de anos, ou pelo menos sobreviver a tal espaço de tempo? O dr. Hans Dombrowski, do Instituto de Medicina Física e Balneologia das termas de Nauheim, afirma: «Sim!» Descobriu na água das fontes minerais de Nauheim coisas estranhas: partículas insignificantes de madeira e minúsculos restos fàcilmente friáveis de microrganismos. A conservação perfeita destes achados e a sua qualidade comprovativa já são surpreendentes. Entretanto, Dombrowski descobriu mais: averiguou que, em condições favoráveis, é possível até reanimar microrganismos encerrados em sal-gema!

A cultura de organismos vivos em sais minerais pareceu,

a princípio, absolutamente incrível. Não seriam detritos, organismos que se houvessem insinuado, a despeito de toda a cautela, em culturas experimentais no laboratório? O pesquisador não poupou esforços para refutar essa objecção. Provou, de modo definitivo, a autenticidade da sua descoberta, a imagem microscópico-electrónica, na qual apareciam nìtidamente os microrganismos no seu acondicionamento de sal-gema.

Estranhos seres vivos! A mesma espécie, denominada *Pseudomanas halocrenæa*, é um germe que se dá bem em temperaturas elevadas de 45 a 55° C, podendo suportar, activa e vitalmente, 95° C; mas também não a prejudica temperaturas de 10° C. Tem certa afinidade com microrganismos que aparecem nas águas do mar Morto, particularmente onde o conteúdo de sal é muito elevado. De resto, o organismo isolado do sal-gema devia ser igualmente um habitante do mar. Os lençóis subterrâneos de água salobra ou os reservatórios de água mineral talvez lhe oferecessem condições de vida satisfatórias. A julgar pelas aparências, mesmo encerrado em sal, ele pode conservar a sua vitalidade.

Dombrowski fez uma experiência. Deixou secar completamente água salina, que continha as ditas bactérias, até ao ponto de cristalização do sal. Resultado surpreendente: dissolvendo os cristais de sal em novo caldo nutritivo, os mesmos microrganismos puderam ser novamente cultivados. Consequentemente, encerrados no sal, eles se conservavam vitais e activos. Ainda assim, pode-se hesitar em reconhecer esse resultado quase incrível. Não se trata, no entanto, de uma experiência única, bem sucedida. Em cento e trinta e oito culturas experimentais com sais contidos em pedra calcária do permiano, trinta e seis vezes não se encontraram bactérias, nem mortas nem vivas; quarenta e uma vezes só as havia mortas; mas sessenta e uma vezes surtiu êxito a cultura de bactérias vivas. E nem sempre era apenas uma espécie de microrganismos. «Tem-se a impressão — escreveu Dombrowski — de

que a flora bacteriana deste mar calcário despertou para nova vida.»

Pelo que sabemos, esse mar devia ter, no mínimo, temperaturas entre 45 e 55° C, coincidência decerto não fortuita com a temperatura preferida dos *Pseudomonas halocrenæa*.

Hoje encontramos, muito abaixo de nós, nas entranhas da Terra, restos desse mar calcário, não raro coberto de extractos de arenária, de seiscentos metros de profundidade, encimados de camadas de calcário conchífero de cento e vinte metros de espessura, rematados estes por uma estratificação de cem metros de formação superficial do triássico. Se lhes acrescentarmos, com as estratificações do jurássico e do cretáceo, de trezentos a quinhentos metros mais, e considerarmos a profundidade dos próprios jazigos de sal, acharemos que os microrganismos jazem debaixo de uma estratificação de mil e quatrocentos metros de rocha.

«Serão, de facto, micróbios as bactérias do mar calcário? — indaga Dombrowski, tomado de pasmo, ante os seus próprios resultados. — Cumpre então admitir que temos diante dos olhos os seres vivos mais antigos que se nos depararam até agora. E isto, não por intermédio de longa série de gerações sucessivas, mas com uma idade *individual* que podemos avaliar em cento e oitenta ou duzentos milhões de anos.»

As experiências seguintes de Dombrowski o confirmaram, e ele chegou a submeter a nova cultura germes de quinhentos milhões de anos!

Desde 1890, tem sido descrito, na literatura bacteriológica, um bacilo denominado *Bacillus circulans* — *circulans* porque as suas colónias se movem ràpidamente em círculo. No espaço de quinze minutos, uma cultura destes microrganismos pode descrever um círculo quase completo, que foi isolado três vezes com sais do mar calcário alemão. Considerando todas as medidas preventivas bacteriológicas e todos os métodos de trabalho, Dombrowski pôde proclamar que se julgava autorizado a admitir que descobrira um *bacillus circulans* vivo, extraído de jazigos de sais minerais mediante perfuração profunda. E, no dizer do cientista, o bacilo assim isolado não era um espécime primitivo, anterior às variantes actuais desse microrganismo, pois as *tribos* do sal «são dotadas de faculdades biológicas mais elevadas do que as das espécies afins, descritas nos últimos setenta anos».

Será possível que esses seres vivos tenham *vivido* realmente mais de quinhentos milhões de anos? Todavia, por mais antigos que sejam, embora consideremos período vital o tempo em que essas bactérias permaneceram no sal-gema sem movimento e sem permuta orgânica, em última análise não o podemos admitir.

E voltamos ao ponto de partida: que é a vida? Onde se deveriam traçar limites entre matéria morta e material vivo? Orientemo-nos apenas por um critério: os químicos dirão: «Não há vida sem albumina, isto é, sem proteína.» O problema é, portanto: que podia a Terra oferecer originàriamente, nessa base, para a formação duma vida?

CAPÍTULO III

A LINHA DA MARÉ NO LABORATÓRIO

OS AMINOÁCIDOS SINTÉTICOS DE STANLEY MILLER — PRIMEIRO AÇÚCAR E PRIMEIRO ENXOFRE — UMA GRAXA TURVA E ESCURA

PERGUNTAMOS: como nasceu a vida na Terra? Já é excluir uma *solução* apresentada anteriormente: a vida não se originou na Terra, foi *importada* de qualquer maneira, talvez com meteoros de outro corpo celeste. Resposta que também não é satisfatória, porque leva a outra pergunta: e como nasceu *lá* a vida? Fiquemos, pois, de uma vez, na Terra.

Desertos e oceanos cobriam o planeta nos primórdios da sua existência. Os rios arrastavam para os oceanos areia, detritos, pedregulhos e muitos sais. Os terramotos causavam deslocações. Mudavam o curso dos rios; braços fundos de mar convertiam-se em charcos rasos, em pântanos. Nos terrenos enxutos espalhavam-se, em cristais, os sais até aí dissolvidos no mar. Nas fendas recém-abertas nas rochas precipitava-se a água, criava-se o lodo...

Em caso algum se originaram aí, em toda a parte e ao mesmo tempo formas vitais. Embora estivessem disponíveis as matérias básicas, é óbvio que só certas zonas localmente limitadas se prestavam para uma primeira manifestação de

vida orgânica. Nasceu a vida em terra firme? Uma simples reflexão basta para excluir a hipótese. Para se originarem formas vivas é necessário não só estar disponível a máxima quantidade de materiais, mas também achá-los reunidos. Naturalmente, o vento dos descampados pode carrear várias espécies de poeira; mas o mar possui melhores elementos para combinações sempre diferentes. Não há dúvida, porém, de que as melhores possibilidades se oferecem na linha divisória entre a terra firme e a água, na linha da maré, onde, aliás, intervém na combinação a atmosfera. A linha da maré é o ponto de encontro dos estados sólido, líquido e gasoso. Não podem haver, em outro lugar, condições mais favoráveis. A água arrasta uma quantidade de sais de várias proveniências; a terra fornece, através dos cristais de grande e pequeno formato, os mais diversos minerais.

Em tal ambiente, como nasceram os primeiros organismos que continham albumina?

Falar a este respeito a um químico, mencionando só a albumina, é tirar-lhe a vontade de tomar em consideração a pergunta. A albumina é uma combinação tão complicada e inclui tantos aminoácidos! Não se trata de uma combinação qualquer; evidentemente, é também um produto, no qual figura uma série bem determinada de aminoácidos. A poder de esforços ingentes, conseguiu-se desentranhar a série dos aminoácidos da albumina de vírus *mosaico* do fumo e da tão *simples* hormona albuminóide *insulina*. Mas ainda não se pode produzir albumina sintética. É de crer que, sem o auxílio de um Criador divino, a formação de albumina seja absolutamente impossível. Só as pedras angulares, os aminoácidos, de onde viriam eles? Os aminoácidos são substâncias muito sensíveis da química orgânica. Já é demasiada confiança a pressuposição de encontrar na natureza minerais de estrutura complexa, isto é, materiais inorgânicos. Quanto

mais matéria orgânica! Wöhler quebrou em verdade o tabo da *força vital*. Também podemos produzir, no tubo de ensaio, combinações orgânicas que se formam nas células vivas. Todavia, os naturalistas repelem a ideia de se terem essas substâncias originado ao acaso. E, embora se hajam formado alguma vez, como perfariam tantas combinações as que então existiam? É uma especulação incrível, uma suposição absurda!

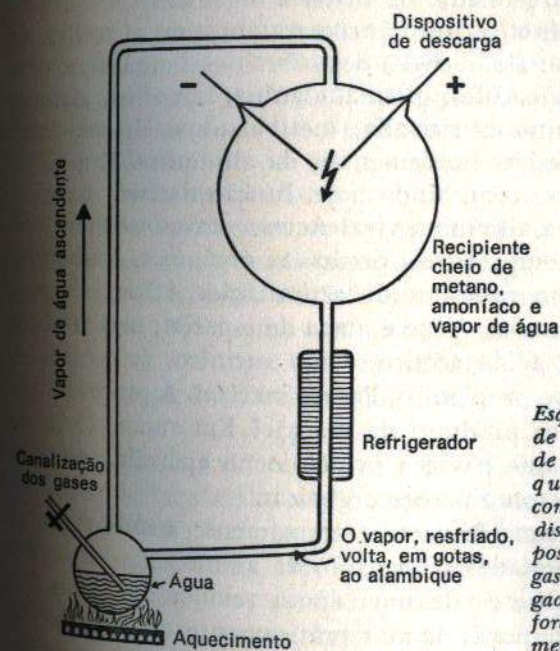
Compreende-se que ninguém pense sèriamente em desperdiçar o seu tempo de trabalho em pesquisa experimental de hipóteses desta ordem. Para isso, seria preciso imitar no laboratório os processos que se desenvolvem na linha da maré, isto é, imitá-los na proveta. Mas, para semelhante experiência, em vez de semanas, de meses e de um aparelho de vidro, a natureza dispõe de milhões de anos e de áreas de terreno de muitos milhares de quilómetros quadrados. Nem há possibilidade de comparação com as quantidades disponíveis de elementos químicos. Na natureza há regiões marítimas com milhares de toneladas de sais das espécies mais variadas, com praias ilimitadas, com as enormes massas gasosas da atmosfera da época.

Seria coragem científica admirável, digamos até: uma obsessão, aventurar-se a tal experiência — uma experiência simplesmente sem esperança de sucesso.

Os aminoácidos sintéticos de Stanley Miller

Houve, no entanto, um pesquisador que a empreendeu! O ponto de partida das suas reflexões foi a hipótese de que na atmosfera terrestre da época houvesse excesso de gás hidrogénio. Neste caso, ela déveria conter também carbono e azoto, respectivamente em forma de metano e amoníaco. O oceano cobria vastas regiões da Terra; portanto, havia água... Con-

sequentemente, a temperatura seria inferior a 100° C e, ao mesmo tempo, haveria, sem dúvida, tempestades com trovoadas, isto é, descargas eléctricas.

Stanley Miller, de vinte e três anos, estudante de química em Chicago, discípulo de Urey, adoptando ideias do mestre, fabricou para si um aparelho de vidro, aparentemente adequado à sua finalidade. Colocou um alambique, cheio de água, sobre um fogareiro a gás. Na parte superior do aparelho, armou entre dois fios um pequeno dispositivo eléctrico, modesto sucedâneo de uma trovoada. Um segundo tubo des-

Esquema do aparelho de descarga eléctrica de S. Miller. À esquerda, alambique com água; à direita, dispositivo de carga positiva e negativa. Os gases originais empregados na experiência foram o amoníaco, o metano e o hidrogénio

tinava-se a reconduzir ao alambique o vapor resultante da ebulição. Tudo isto era simplificação um tanto sumária. Stanley Miller ligou o aparelho; o vapor de água subiu, crepitaram algumas faíscas. Aconteceria alguma coisa? Passaram-se horas e horas. Contudo, horas apenas. Miller não podia esperar uma eternidade. Afinal, teve de interromper a experiência.

Analisou, em primeiro lugar, os gases contidos no alambique; a maior parte ainda constava de metano e amoníaco, bem como de traços de óxido e bióxido de carbono. Material inorgânico; nenhum resultado sensacional. Ainda assim, já se podia calcular que esses gases também existiam na Terra na época do aparecimento da matéria orgânica.

Miller examinou as substâncias restantes no aparelho. Aí estava a sensação: ele obtivera dez substâncias orgânicas, dentre elas seis aminoácidos: glicina, alanina, sarcosina, alanina-beta, ácido aminobutírico-alfa, metil-alanina N; aminoácidos, isto é, as pedras fundamentais da albumina. E mais do que isto: eles exercem, ainda hoje, função decisiva na composição de toda a albumina viva! Acrescentavam-se-lhes doses perfeitamente comprováveis de ácidos orgânicos, conhecidos igualmente como produtos de assimilação. Ácidos simples, como o ácido fórmico — isto é, nada de especial; mas também ácido aspártico, ácido acético, ácido sucínico, ácido láctico, ácido imino-aceto-propiónico. Parece incrível. A própria ureia figurava entre os produtos da reacção! Em suma, 15 % do metano (CH_4), que havia a princípio no aparelho, estavam convertidos em combinações orgânicas.

Um sonho, uma hipótese extremamente audaz, transformava-se em realidade: a formação de aminoácidos e demais substâncias orgânicas, de uma época remota do globo terrestre, é não só possível, mas pràticamente certa. Foi erro subestimar a probabilidade dessa formação. Seria, pelo con-

trário, um milagre, ainda que elas não devessem produzir-se em grandes quantidades.

Logo a seguir, Miller simplificou as suas condições de experiência. Desistindo do ingrediente amoníaco, empregou em lugar dele as suas partes componentes elementares: azoto e hidrogénio; substituiu as faíscas eléctricas pelas chamadas descargas eléctricas *mortas*. O resultado foi o mesmo. E o mais assombroso é que Miller nem acompanhara a experiência. Quarenta anos antes dele, em 1913, outro cientista, o talentoso químico alemão Walter Löb, que trabalhava em Bona, tentara a mesma experiência, expondo carbono, amoníaco e água às ditas descargas eléctricas. Conseguiu traços de aminoácidos, especialmente de glicina. Mas conduzira a sua tentativa partindo de outro ponto de vista, queria apenas saber o que se passava numa experiência dessa sorte. A época de 1913 ainda não estava suficientemente amadurecida para o encadeamento de ideias de Stanley Miller.

Os resultados obtidos por ele alvoroçaram os meios científicos. Numerosos cientistas comprovaram-lhe os dados, confirmaram-nos, planearam novas experiências análogas. Impunha-se a questão: poder-se-iam empregar, em vez de descargas eléctricas, radiações de luz, carregadas de energia, talvez raios ultravioletas? Mais uma vez os resultados foram positivos. E, aplicando, em lugar de luz, radiação radioactiva? Raios beta, por exemplo? Obtiveram-se igualmente substâncias orgânicas.

Outro cientista deu o último passo, no sentido duma simplificação, indagando se não bastaria empregar simplesmente uma combinação químico-inorgânica já formada de todos os elementos necessários. Não se poderiam dispensar também os gases e a água? A escolha recaiu no sal sólido, incolor, transparente, formiato de amónio que contém azoto, oxigénio, carbono e hidrogénio. Submeteram-se alguns cristais da com-

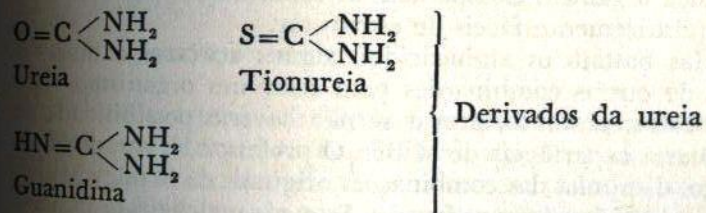
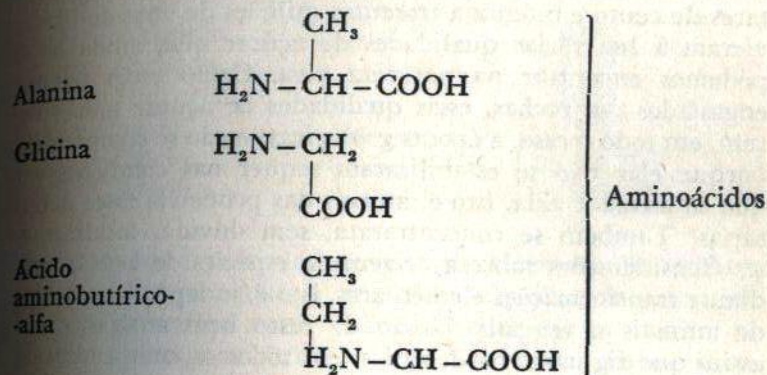
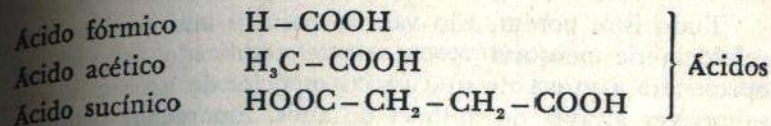
binação à radiação gama, substância radioactiva. Resultado: aí também se formaram aminoácidos: alanina, glicina, formiato de amónio e outras substâncias orgânicas.

Poder-se-ia objectar que, embora se houvessem formado aminoácidos, eles não eram os mesmos; seriam modificados novamente por processos químicos? Devemos finalmente pressupor que, antes de concentrar em unidades químico-orgânicas superiores, os aminoácidos têm de se acumular em volume considerável — objecção fácil de refutar. Analisaram-se fossilizações, isto é, restos de animais de outras eras; em amostras, que datavam de trezentos e sessenta milhões de anos, encontraram-se aminoácidos em tal quantidade que ainda se podiam isolar quìmicamente: alanina, glicina, além de muitos outros. Sedimentos marinhos extraídos no Texas, de perfurações executadas a mil e quinhentos metros de profundidade, confirmaram o resultados. Descobriram-se neles, mais uma vez, alanina, valina, leucina, ácido aminoglutárico, etc. Merece atenção o facto de serem estes os mesmos aminoácidos que se obtiveram com as experiências de radiação. O que se encontra depende, aliás, das temperaturas sob as quais as fossilizações se fixaram. Evidentemente, elas eram favoráveis aos aminoácidos, para estes perdurarem, isto é, para se concentrarem.

A quem pareça demasiado breve um período de trezentos e sessenta milhões de anos, os geólogos podem oferecer datas anteriores. Em formações rochosas de mil e quatrocentos milhões de anos encontrou-se tamanha quantidade de aminoácidos que deles se esperam elucidações sobre a origem da ardósia e das rochas calcárias do período pré-cambriano. Pouco importa que, naquela fase da criação, a formação dos aminoácidos haja sido lenta. Eles são tão estáveis que puderam acumular-se em grandes quantidades.

Estas combinações químicas, de que damos a seguir um esquema, derivam de experiências realizadas por Miller, que visavam reconstituir a origem da vida.

Substâncias originais: H_2O, CH_4, NH_3 (H_2S, FeS), donde se obteve, entre outras:

Substância	Fórmula	Grupo
Ácido fórmico	$H-COOH$	Ácidos
Ácido acético	$H_3C-COOH$	Ácidos
Ácido sucínico	$HOOC-CH_2-CH_2-COOH$	Ácidos
Alanina	$H_2N-CH(CH_3)-COOH$	Aminoácidos
Glicina	H_2N-CH_2-COOH	Aminoácidos
Ácido aminobutírico-alfa	CH_3-CH_2- ($H_2N-CH-COOH$)	Aminoácidos
Ureia	$O=C(NH_2)_2$	Derivados da ureia
Tionureia	$S=C(NH_2)_2$	Derivados da ureia
Guanidina	$HN=C(NH_2)_2$	Derivados da ureia

Estas fórmulas destinam-se a dar aos leigos em química uma ideia plástica de como se formaram, em condições de experiência, combinações complexas. (H_2N representa o grupo dos aminoácidos; a fórmula parcial COOH, o grupo dos ácidos.)

Primeiro açúcar e primeiro enxofre

Tudo isto, porém, não vale só para os aminoácidos. Em relatório de pesquisa recentemente publicado foi possível apresentar a prova de que várias espécies de açúcar podem sobreviver através de milhões de anos. Em rochas sedimentares de cento e oitenta a trezentos milhões de anos de idade, vieram à luz várias qualidades de açúcar que, ainda hoje, podemos encontrar na natureza viva. Como estão sempre engastados em rochas, essas qualidades de açúcar sobreviveram, em todo o caso, a épocas geológicas; e não se compreende porque elas não se estabilizaram sequer nas condições em que se forma a vida, isto é, através das primeiras fases necessárias. Também se concentraram, sem dúvida, localmente.

Considerações sobre a origem de espécies de açúcar, mediante transformações elementares, isto é, independentemente de animais e vegetais, já são de resto bem antigas, tanto assim que figuram, há decénios, em todos os compêndios de química orgânica. Comparadas às combinações de albumina, são quìmicamente fáceis de estruturar.

Mas bastam os aminoácidos, alguns açúcares e uma dezena de outras combinações para criar um organismo vivo? Importava, portanto, provar se não haveria possibilidade de ampliar a experiência de Miller. O professor Heyns, de Hamburgo, dispunha das combinações originais de Stanley Miller, isto é, de hidrogénio sulfurado. Este gás malcheiroso já devia existir, na atmosfera primitiva, com excesso de hidrogénio. O resultado foi, mais uma vez, assombroso, sem dificuldade, dando origem a um grupo de combinações sulforosas, entre outras, tiocinato de amónio, carbamida e tiocetamidina.

As combinações citadas anteriormente constam dos elementos químicos carbono, hidrogénio, oxigénio e azoto. As novas continham uma quantidade adicional de enxofre. Analisando as partes integrantes de um corpo humano, averi-

guou-se que a principal consiste em oxigénio. Nem é de estranhar, já que o nosso corpo, na sua maior parte, é formado de água, uma combinação cujo peso depende dos oito nonos do seu teor em oxigénio.

Expresso em percentagens — exceptuadas as das substâncias que só aparecem como vestígios —, o homem é feito dos seguintes elementos:

Oxigénio	62 %
Carbono	21 %
Hidrogénio	10 %
Azoto	3 %
Cálcio	1,4 %
Enxofre	0,64 %

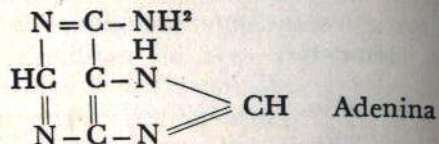
O enxofre é, pois, um elemento bem importante, embora possamos pensar que os primeiros organismos primitivos tivessem percentualmente outra composição. Ao enxofre segue-se o fósforo, com 0,63 %. Deste, trataremos mais adiante.

Uma graxa turva e escura

Em 1959, o professor Heyns e os seus colaboradores ampliaram as suas experiências. Partindo do princípio que, nas altas camadas da atmosfera, a poderosa radiação cósmica decompõe o vapor de água em hidrogénio e oxigénio, esse grupo de trabalho decidiu fazer uma tentativa experimental, com doses mínimas de oxigénio. Obtiveram-se igualmente bons resultados; entre outras combinações, a guanidina, classe de bases orgânicas particularmente susceptíveis de reagir.

Seria fatigante enumerar a quantidade de substâncias produzidas em experiências análogas posteriores. Citemos apenas a descoberta de J. Oró (Universidade de Houston,

Texas), o qual pôde provar que os aminoácidos sintéticos de Miller contêm, num grau intermediário, ácido cianídrico (ácido prússico). Partindo daí, Oró conseguiu em condições de reacção plausíveis a síntese de

```
  N = C - NH²
  |   |   H
 HC   C - N
  ‖   ‖       >  CH      Adenina
  N - C - N
```

A adenina é, porém, uma combinação complexa. Em razão da sua importância como produto fundamental de permuta orgânica, as suas possibilidades de produção têm sido muito discutidas. Eis-nos, portanto, chegados às subtilezas da bioquímica e do metabolismo, que não nos cabe discutir aqui.

Passando em revista os resultados, temos dezenas de combinações orgânicas que se originaram, evidentemente, em condições primitivas, com mais facilidade do que se poderia imaginar. Impõe-se agora ao químico esta interrogação: «Que dariam elas, se eu as deixasse reagir umas às outras?» Sim, porque não há a menor dúvida de que elas são susceptíveis dessa reacção. Consequentemente, é lícito perguntar: «Que seria a mistura destas substâncias com os demais produtos das épocas primitivas, com água, areia e sais?»

E o químico responderá: «Não faço a menor ideia; mas desconfio que será uma graxa turva e escura.»

Veremos se, e até a que ponto, o químico tem razão.

CAPÍTULO IV

DO REFUGO DA CRIAÇÃO DA VIDA

A ORIGEM DO PETRÓLEO — A ESTRANHA PERMUTA ORGANICA DOS TUNICADOS — A COMPOSIÇAO DA ATMOSFERA PRIMITIVA

«...E calafetem-na por dentro e por fora com breu...»

Assim se lê nas indicações que Noé recebeu para a construção do seu grande caixote de madeira de abeto, a arca. Os Egípcios também já utilizavam o breu para a calafetagem das suas embarcações; e na construção de Nínive, como na da Torre de Babel, o asfalto serviu de argamassa. Os Babilónios extraíam asfalto de um pequeno curso de água das vizinhanças, onde esse material existia em fragmentos e blocos. Em 1077, por ocasião do incêndio do palácio imperial do Cairo, dez mil cântaros e dez mil garrafas de nafta (petróleo em grego) foram presa das chamas. Em 1169, havendo perigo de cair o Cairo à mercê das pilhagens dos Cruzados, espalharam-se na cidade vinte mil recipientes de nafta; e a cidade ardeu durante quarenta e cinco dias, ao termo dos quais estava reduzida a um monte de escombros. Na antiga Pérsia, já havia ruas asfaltadas. A vedação das canalizações deve ter sido usada primeiramente na Babilónia. Georg Agricola (1490-1555), na sua obra *De re metallica*,

menciona que separando algumas partes componentes, fàcilmente voláteis, do petróleo se produz uma substância lubrificante para veículos.

Além disto, desde os tempos mais remotos, o asfalto, o alcatrão e produtos resinosos análogos foram utilizados como remédios contra várias moléstias. E não só no Oriente. Na estância de Tegernsee, na Alta Baviera, conhece-se desde o ano de 1400 o efeito curativo do *óleo mineral*. Ignora-se desde quando são explorados os *teerkuhlen* de Wietze, Hanôver. Em todo o caso, Agricola já os menciona em 1546. Todavia, eles só se tornaram pròpriamente interessantes há um século, quando uma hipótese errónea induziu a procurar lenhite debaixo deles, com perfuradores primitivos de poços. A perfuração foi difícil. Transpostas algumas camadas de areia, esbarrou-se, à profundidade de quatro metros e meio, com *vestígios insignificantes de petróleo*. Aos catorze metros de profundidade apareceram, juntamente com petrificações de areia e alcatrão, *pequenas quantidades de petróleo líquido*. Encontrou-se *muito petróleo* quase aos vinte e dois metros de profundidade. Perfurações seguintes atingiram novas camadas de alcatrão e libertaram gases.

O professor Hunaus, da então Escola Politécnica, hoje Escola Técnica Superior de Hanôver, sob cuja direcção se realizavam as perfurações, teve por fim de suspender os trabalhos. Investira-se bom dinheiro no projecto, mas era forçoso interromper a sua execução aos trinta e seis metros de profundidade.

Existe um relatório do inspector Hahse que, a 6 de Março de 1853, chamou pela primeira vez a atenção para as «fontes petrolíferas» de Wietze. Refere o inspector, em 1 de Julho de 1859:

«A continuação das perfurações adquiriu agora, inegàvelmente, um alto interesse técnico e científico, porque a partir da profundidade de cento e vinte e dois pés se extraem quantidades de alcatrão muito superiores às que se obtinham a

noventa e quatro pés. Consequentemente, é de presumir que a mina de lenhite, de onde provém o alcatrão, já não esteja longe e, à medida que se aprofunde a escavação, o alcatrão extraído venha à superfície mais denso e em maior quantidade. Daí resultarão para o país, especialmente para a aldeia de Wietze e para o proprietário do único jazigo explorado até agora, vantagens incalculáveis, porquanto até hoje o famoso alcatrão de Wietze era explorado com alto custo e escasso rendimento.»

A quantidade de petróleo extraída no dia 1 de Julho de 1859 não foi considerável: em dez horas, apenas meio balde.

Presumìvelmente, já há uns mil e setecentos anos antes da época de transição os Chineses perfuravam e extraíam petróleo. Marco Polo trouxe da sua viagem ao Oriente a informação de que no século XIII se exportava para Bagdad muito óleo, em odres de couro de boi e de camelo. Hoje, o petróleo percorre um caminho inverso. Descobrindo uma fonte de petróleo, à margem do Amu-Daria, Alexandre Magno viu nesse facto um bom presságio. Durante a guerra da independência americana friccionavam-se as escoriações dos soldados com o petróleo que aflorava à superfície do Oil Creek, sem ninguém desconfiar do poder que representaria, dentro de poucos decénios, aquela *coisa pegajosa*. Já antes dos Americanos, os Índios espumavam o petróleo dos riachos, para o tomar e se ungirem. O pai do rei do petróleo, John Rockefeller, começou a sua carreira vendendo petróleo como remédio contra o reumatismo, a tuberculose, o cancro e outras enfermidades.

À semelhança do alcatrão e do petróleo, o gás natural também vem desempenhando há muito uma função especial. Durante séculos, ardeu em muitos pontos de emanação. Os povos da Pérsia e da Índia eram adoradores do fogo; onde quer que houvesse uma exalação, erigiam-se templos. Heródoto e Plutarco mencionam locais onde arderam *fogos perenes*. A nossa motorização actual e a nossa própria civilização

nem seriam concebíveis sem o trio alcatrão (asfalto), petróleo e gás natural.

Não é esta, porém, a razão que nos induziu a abeirar-nos de tais combinações de carbono.

A origem do petróleo

Como vimos, as pedras angulares da matéria viva podem ter-se originado como consequência necessária do desenvolvimento da Terra. Haverá argumentos a favor desta hipótese, ou desmentidos? Uma objecção, pelo menos, parece óbvia. A julgar que a vida se tenha produzido por mero acaso, é de crer que as substâncias orgânicas resultantes, além de poucas, não sejam susceptíveis de desenvolvimento, isto é, de reacção, e que uma molécula, ou um milhar, ou milhões de moléculas de matéria viva original não sejam aproveitáveis. Nas próprias experiências de Miller, foi elevado o número de produtos secundários. E que foi feito dos muitos milhares de toneladas de material imprestável? A vida na Terra não é, no fim de contas, tão antiga que todo esse material haja sido absorvido por qualquer fenómeno geológico. Consideremos o período carbonífero; ainda subsistem restos do que então medrou, floresceu e, finalmente, foi soterrado sob camadas de rocha. Conhecemos perfeitamente o mundo vegetal dos seus pântanos e das suas florestas; os paleontólogos descobriram hastes e folhas de cavalinhas e de árvores gigantes e deram-lhes um nome. Aonde terão ido acabar as quantidades, por certo igualmente avultadas, de combinações de carbono, entre as quais se encontravam as que se transformaram em formas de vida?

A resposta exige, em primeiro lugar, que provemos se existem na Terra jazigos de carvão que não datem do período carbonífero. Temos, de facto, um caso: o trio alcatrão, petróleo e gás natural vem de épocas anteriores. Depara-se-nos,

porém, imediatamente, uma dificuldade que merece atenção. Sobre a origem do petróleo possuímos teses — embora parcialmente controvertidas — aceites de um modo geral.

Considerado do ponto de vista químico, o petróleo consiste essencialmente em hidrocarbonetos e misturas adicionais de combinações, nas quais entram oxigénio, enxofre e azoto. Certa teoria da formação do petróleo fá-lo derivar do carboneto de cálcio, teoria que é possível refutar com segurança. Descobriram-se no petróleo combinações semelhantes às substâncias corantes das folhas, a clorofila. Outros componentes analisados acusam certa semelhança com a hemoglobina, o *hemo*. Mas, expostas a temperaturas superiores a 250° C, como o exigiria a teoria do carboneto de cálcio, tais combinações não resistiriam. Por outro lado, justamente a presença dessas substâncias originou uma hipótese, segundo a qual o petróleo se formou de vegetais e animais. Embora a admitamos, resta o facto de não estarem exaustivamente explicados os pormenores do processo da sua formação. Julga-se, portanto, bem plausível a suposição seguinte, apresentada em quase todos os compêndios: em baías isentas de ressaca, em profundidades marinhas sem correntes, vivem o plâncton, algas, peixes, etc. Por várias razões — não sabemos ao certo quais —, ali talvez ocorram periòdicamente mortandades em massa. As substâncias orgânicas depositam-se no fundo do mar, apodrecem, decompõem-se e são sucessivamente cobertas por outros extractos de plantas e animais mortos. Na lama pútrida, assentada no solo, vivem, no entanto, bactérias que se incumbem das ulteriores transformações da substância orgânica, transformações que, em milhões de anos, acarretam modificações geológicas: o óleo e a água oleosa comprimem-se noutras camadas terrestres; assim se explica porque hoje há lençóis petrolíferos nas mais diversas zonas geológicas.

É absolutamente elucidativo o quadro que se nos depara. A ciência e a técnica folgariam de ter sempre, para os fenómenos naturais, explicações plausíveis como esta.

Ora, não há como negar que certos jazigos petrolíferos se hajam formado assim. Mas o processo torna-se muito evidente, se o relacionamos com as nossas concepções modernas da origem da vida. Muitas interpretações vagas de descobertas acessórias adquirem sùbitamente mais clareza.

Na linha da maré originam-se substâncias orgânicas em grande variedade. Reagem umas às outras e o grosso das suas massas se reduz a material orgânico morto. Mas também se originam as mais elementares formas de vida. Entre estas, figuram as ainda hoje encontradiças bactérias do petróleo.

A estranha permuta orgânica dos tunicados

Outros organismos precisam, provàvelmente, para a sua permuta orgânica, do metal vanádio. Explicará isto o facto de encontrarmos hoje petróleos com um conteúdo considerável de vanádio? Os petróleos venezuelanos, por exemplo, contêm tanto vanádio que dois terços das suas cinzas consistem em óxido desse metal. Serão descendentes desses assimiladores de vanádio os tunicados actuais do Mediterrâneo? Estes são organismos primitivos e já por isto a presunção seria admissível. Ao mesmo tempo, eles evidenciam à maravilha as formas singulares que a vida assume ainda hoje. Um grupo dos tunicados são as ascídias, que vivem em zonas de dez a dois mil metros de profundidade, incolores e aglomeradas firmemente, em conjuntos de dez a quinze grandes organismos. Embora aparentadas com os vertebrados, produzem celulose, à maneira dos vegetais, e com ela constroem o seu manto cartilaginoso. Dispensam, aparentemente, a luz solar. Certas espécies, depois de mortas, adquirem um matiz azul-escuro. A causa disto é a decomposição das suas células sanguíneas, de um amarelo esverdeado, comparáveis aos nossos glóbulos brancos. Essas células sanguíneas chegam a conter 3 % de vanádio, numa combinação semelhante à hemoglobina. Por sua vez, o petróleo contém quantidades apreciáveis de combinações de carbono, aparentadas com a hemoglobina e a clorofila!

Os tunicados absorvem o vanádio, de importância vital para eles, mediante um mecanismo especial de concentração, que lhes permite extrair da água do mar as menores partículas do metal. Todavia, não consiste só nisso a sua singularidade: os tunicados contêm mais de 10 % de ácido sulfúrico livre. Uma comparação: são muito mais ácidos do que o nosso suco gástrico.

A hemoglobina e a clorofila têm muitas semelhanças. Se a nossa hemoglobina contém ferro, em compensação os vegetais têm magnésio. Há, porém, ainda hoje, excepções a essa regra. Nos octópodes (moluscos cefalópodes como a lula e outros), o ferro é substituído pelo cobre. Seria vanádio, nas formas primitivas? Neste ponto, não é possível traçar limites demasiado rigorosos. Se bem que, na *era do petróleo*, haja o benéfico óxido de carbono em excesso para o nosso mundo vivo, não vejamos nisto um argumento contra a vida em si. Os vermes intestinais, por exemplo, têm uma hemoglobina em que o óxido de carbono substitui o oxigénio. Em nós, é exactamente o inverso, razão por que o óxido de carbono é para nós um tóxico. E não prejudicou o intestino delgado das lombrigas primitivas.

Já vimos que são inúmeras as variantes da vida e da permuta orgânica.

Devemos considerar o petróleo como o refugo da criação da vida?

A composição da atmosfera primitiva

Finalmente, o gás natural metano aparece em geral com o petróleo. A teoria escolar da génese do petróleo o considera produto secundário. Devemos, pelo contrário, admitir que o

metano seja, pelo menos em parte, um resíduo da atmosfera primitiva?

Aqui nos defrontamos com um segundo facto. O gás natural contém até 10 % de gases nobres, predominando neles o hélio. Não sabemos de nenhum processo pelo qual o gás nobre pudesse concentrar-se em gás natural. É lícito, portanto, admitir que também neste caso se trate dum resto da atmosfera primitiva do nosso planeta, que resistiu à era do petróleo. É de importância secundária o facto de ser o azoto um acompanhante do gás natural.

Muitos outros pormenores autorizam a concluir que o petróleo é um produto das épocas em que se originou a vida.

Limitemo-nos a citar ainda apenas o teor do gás natural em ácido sulfídrico. Perfuraram-se fontes de gás natural, como as de Lacq, no Sul da França, que prometem, do ponto de vista económico, uma exploração de enxofre sumamente rendosa. Correm, no entanto, versões relativas a fontes de gás natural, que deveriam conter até 75 %. Donde provém o ácido sulfídrico do gás natural? Será também um resto da atmosfera primitiva? Já falámos das várias bactérias do enxofre, como formas primitivas de vida. Sabemos também, graças aos resultados de certas medidas, que elas existem no mínimo há oitocentos milhões de anos. É possível que o enxofre e também o ácido sulfídrico resultem parcialmente da permuta orgânica dessas bactérias. Vem ao caso mencionar as areias asfálticas do Atabasca, que se encontram num território de aproximadamente oitenta mil quilómetros quadrados, nas margens do rio Atabasca, região setentrional da província canadiana de Alberta. São uma formação arenífera, impregnada de betume natural (petróleo espesso). O petróleo denso, que se obtém tècnicamente, contém 5 % de enxofre.

Que é feito da *água* do mar primitivo daquele tempo? Ora, é notório que saem da superfície da Terra, juntamente com o óleo, quantidades consideráveis de água oleosa. Serão remanescentes do mar primitivo?

O petróleo e o gás natural contêm resíduos daquela atmosfera e daquele mar. Serão as substâncias consideradas produtos imprestáveis? Mas talvez contenham restos de seres vivos primitivos, rudimentares, e os produtos da sua permuta orgânica, aos quais se acrescentam dois grupos de material químico, até agora não mencionados: no petróleo encontram-se ácidos graxos e açúcar.

Contudo, nem só o petróleo e o gás natural fornecem material importante para a origem da vida e a composição da atmosfera primitiva, como a pressupõem os estudos relativos aos aminoácidos. As pesquisas mais recentes possibilitaram uma prova que pasmou os químicos: a prova da existência anterior de uma atmosfera terrestre de amoníaco. Ao empreender as suas primeiras tentativas, Miller empregou como elemento componente original o amoníaco, evidentemente por saber que alguns astros distantes têm uma atmosfera de amoníaco. Se lá em cima ela existe ainda hoje, porque não a poderia ter a Terra em tempos remotos? A hipótese de Miller era acertada. Numerosas considerações levaram à conclusão de que houve provàvelmente amoníaco na Terra.

Mas como se poderia obter uma prova disso? Ainda que subsista nalguma parte, encerrado nas fendas duma serra, um resto desse gás, como o iríamos encontrar? Não decerto como amoníaco; tanto mais que o amoníaco (quìmicamente NH_3) reage muito fàcilmente com outras substâncias. Se quisermos ter esperança de encontrar resíduos duma atmosfera terrestre de amoníaco, só num lugar os podemos procurar: nas chamadas rochas primitivas. Só nessas partes mais antigas da Terra poderia esconder-se ainda amoníaco primitivo. Uma análise um tanto sumária de granito provou-o efectivamente. A rede siliciosa dos seus componentes minerais contém amoníaco livre na sua estrutura cristalina. A bem dizer, metade do azoto existente no granito pode considerar-se NH_3 livre.

O quadro que traçamos completa-se, portanto, neste sentido. As massas siliciosas do granito decompuseram o amoníaco da atmosfera primitiva. Uma parte desse gás consolidou-se e fixou-se nelas. Só a habilidade dos químicos analistas hodiernos poderia libertar o amoníaco da sua prisão cristalina e provar a sua existência.

CAPÍTULO V

DOS AMINOÁCIDOS À ALBUMINA

PÉPTIDO NA RETORTA — FORMA ESFÉRICA PRIMITIVA — OUTRO OCEANO PRIMITIVO ARTIFICIAL — COMO VIVIAM AS PRIMEIRAS CÉLULAS? — REJUVENESCIMENTO EM VEZ DE MORTE

SEM o perceber, demos um salto prodigioso na biogénese. Com efeito, embora a origem de algumas pedras angulares da substância viva, talvez simples aminoácidos, haja ocorrido em condições favoráveis em determinados períodos geológicos, cumpre não esquecer que nem por isso essas bases eram verdadeiras *células vivas*. O que chamamos vida é, entre outras coisas, resultado de reacções químicas sumamente complicadas. Voltemos, deste modo, mais uma vez às experiências de Miller.

Trata-se de esclarecer se existem possibilidades dos aminoácidos se estratificarem em cadeia, de forma a originarem substâncias albuminóides. Nisso, porém, os químicos se defrontam com outra dificuldade. Actualmente, só conhecem a estrutura exacta de alguns albuminóides. Podem, é verdade, dizer aproximadamente quais e quantos aminoácidos estão contidos neles; pouco se sabe, no entanto, acerca da sua sequência; e, não raro, são muitas dezenas as unidades de aminoácidos que formam a albumina pròpriamente dita.

Por outro lado, é óbvio que um entrelaçamento químico de aminoácidos, no laboratório, é coisa completamente diversa do processo grandioso que se operou na natureza. Se temos no laboratório provetas escrupulosamente limpas, temperaturas sob *contrôle* rigoroso, preparados iniciais da máxima pureza, exactamente dosados, ainda assim nos seus efeitos recíprocos esta combinação química quase insignificante não está em proporção com uma mistura verdadeiramente indescritível. Daí, a impossibilidade de pôr limites às especulações mais descabeladas. Só a pesquisa experimental pode aclarar esse estado de coisas. Seria razoável que os cientistas, em tais condições, se decidissem a iniciar a experiência partindo do mais absolutamente simples e dos pressupostos mais primitivos.

Não era a tentativa de reconstruir as condições incomensuráveis daquela época da criação que havia de levar à meta desejada; era uma limitação inteligente, restrita a poucos factos. Aí estão alguns aminoácidos, pólvora seca da rotina química. Enchamos com eles uma proveta. Nada acontece. Podemos sacudi-los, misturá-los uns nos outros: não se opera nenhuma reacção. O químico tem a tentação de juntar água à mistura, dissolver tudo e ver o que se passa. Deverá pôr a água? Naquele remoto período geológico, haveria água em toda a parte? É possível; não é certo. Deixemos isto, por ora. O que se sabe ao certo daquele tempo de *vazio e desolação* é que a temperatura oscilava consideràvelmente. Aqueçamos a proveta; alguns aminoácidos dissolvem-se; ainda assim, não reagem.

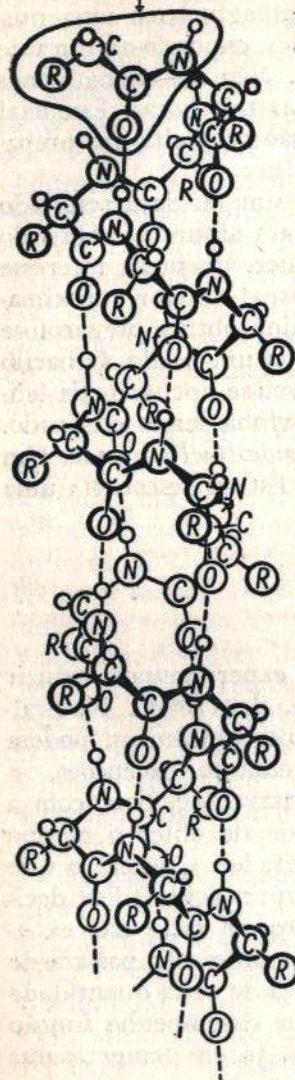
Essa possibilidade mais primitiva de induzir uma reacção dir-se-ia malograda. Contudo, os cientistas do Instituto Oceanográfico da Universidade da Florida, chefiados por Sidney W. Fox, não desanimaram. Estaria certa a mistura? Em todo o albuminóide aparecem, proporcionalmente, muitos aminoácidos dicarbónicos. Dispunha-se desses ácidos. Os resultados da experiência não foram satisfatórios. Seguiu-se uma tentativa derradeira, desesperada: juntar a uma grande quantidade de ácido aspártico e ácido aminoglutárico uma mistura de vários aminoácidos e dissolvê-los, expondo-os, durante três horas, à temperatura de 170° C. Não nos alongaremos descrevendo o que se passou naquelas três horas. Essencial é ùnicamente o resultado final: a fusão continha um preparado albuminóide!

Mais uma vez, a experiência mais simples dava resultado positivo. Aminoácidos e calor forneciam albumina. Mais do que isto! Não uma albumina qualquer, de mero interesse para os químicos, não um produto casual de teor aproximadamente albuminóide. Com a albumina obtida preparou-se uma solução nutritiva e injectou-se nela um bacilo. O bacilo viveu nela — viveu dela —, desenvolveu-se apenas mais lentamente do que na solução em que vinha sendo cultivado. O produto artificial era igualmente *comestível* para ele. Um bacilo podia viver naquela albumina! Estava descoberta uma albumina adequada à vida.

Péptido na retorta

Uma coisa era necessário, porém, experimentar: reduzir a temperatura, relativamente elevada, de 170° C. Naturalmente, em concordância com fenómenos vulcânicos, podem registar-se tais temperaturas; são, no entanto, excepções.

Fox e os seus colaboradores defrontavam-se, pois, com a tarefa de provar se havia possibilidade de obter o mesmo resultado com temperaturas menos elevadas. Que era o que poderia favorecer a sedimentação dos aminoácidos? Fox decidiu-se a introduzir o elemento fósforo no ciclo das experiências e obteve sem dificuldade o que antes não passara de tentativas insatisfatórias. Com a presença de certa quantidade de ácido polifosfórico — substância que desempenha função importante em processos biológicos —, já em temperaturas

Unidade de aminoácidos

entre 70 e 100° C, obtiveram-se matérias albuminóides? Os aminoácidos depositaram-se, na proporção de 20%.

Impunha-se novamente aos pesquisadores o problema de averiguar se a albumina produzida por esse processo era uma albumina *razoável*. Pesquisaram-se durante dois anos os produtos obtidos. O resultado foi assombroso: muitas vezes, a albumina artificial não se diferençava da albumina natural. Experiências ópticas, realizadas com radiação infravermelha, provaram que o produto artificial continha combinações albuminosas *autênticas*.

A análise acusou 51 % de carbono, 4,79 % de hidrogénio e 13,2 % de azoto. O peso das moléculas obtidas orçava por nove mil. A albumina artificial continha dezoito aminoácidos, de entre os mais comuns na natureza. A sua solubilidade na água correspondia à das albuminas conhecidas.

Os produtos são de definição tão evidente que outros cientistas passaram a averiguar se a albumina sintética se presta para a formação de fibras, de folhas, etc.

Esquema da sedimentação de aminoácidos numa albumina natural. A parte essencial é uma espécie de espiral, com volutas movendo-se para a esquerda, compostas de séries de átomos C-C-N (carbono-carbono-azoto), ramificando desta cadeia outros grupos atómicos

Nota-se apenas uma diferença decisiva: enquanto um organismo animal reage, perante uma albumina diferente, com um choque e produz antimatérias, com a albumina sintética isso não ocorre. Ela pode ser injectada em animais, sem que se originem os chamados anticorpos.

Os resultados conseguidos por Fox não passaram muito tempo sem competidores. Logo em 1958, outro cientista americano planeara uma experiência análoga, talvez mais simples e mais convincente, da qual também resultou albumina. Esse pesquisador escolheu como elemento inicial uma solução aquosa de cloridrato de amónio, salpicada de metano, com o que combinava carbono, azoto e hidrogénio, em formas possìvelmente primitivas. Ainda assim, não achou bastante. O ferro figura entre os elementos difundidos no Cosmo. O enxofre, por sua vez, é essencial em processos biológicos. O pesquisador tomou, portanto, a resolução de acrescentar estes dois elementos; assim fez, depois de maduras reflexões, dando-lhes a forma de combinação de sulfato de ferro. Como este não é solúvel na água, ficaram suspensas partículas finamente pulverizadas de sulfato de ferro na solução que depois foi exposta à luz duma lâmpada ultravioleta. A falar verdade, os resultados dessa experiência foram apenas quantidades mínimas de uma substância nova, mas — como evidenciou a pesquisa da sua estrutura — da natureza do péptido, isto é, semelhante à albumina. Decompondo-a, segundo os processos habituais, averiguou-se que esta albumina contivera — entre outras substâncias — fenialanina, metionina e valina.

Forma esférica primitiva

Nada prova que, por este meio, se tenham originado uma ou muitas albuminas. Contudo, não é de se excluir essa possibilidade. Corpos albuminóides, ou pelo menos, combinações albuminóides, os proteicos, talvez se hajam formado assim.

Dispondo-nos, no entanto, a admiti-lo, aceitamos muito mais do que poderia parecer a princípio. O que se conseguiu formar é uma macromolécula, isto é, uma estrutura atómica descomunal, sujeita a determinadas regras. Não há actualmente quem não conheça as macromoléculas, porque as temos diante dos olhos, nos materiais sintéticos, nos fios sintéticos. Quem concordar em que a albumina pode originar-se de matéria inorgânica — e quem se atreveria hoje a duvidar disto! — também há-de convir em que, na base de leis naturais simples, em condições igualmente simples, possam formar-se moléculas maiores, dispostas em agrupamentos. Mas o conceito da ordem inclui o de limitação, sob o aspecto regional, em suma, de *estruturação*. Uma medida de estrutura, seja ela uma determinada série de moléculas, uma ramificação, um anel ou coisa análoga, distingue-se — químico-fìsicamente — de outra unidade. Resumindo: exerce, no seu âmbito, acção diferente da acção das outras.

Chegamos assim aos materiais albuminóides, os quais, considerados exactamente, podem exercer certas funções específicas. O que podem fazer, em casos especiais, depende do número das condições secundárias, como temperatura, meio de reacção, etc.

Os bioquímicos conseguiram organizar listas extensas da faculdade de reacção de substâncias albuminóides. À maneira de padronização, digamos que talvez não haja no corpo humano nenhuma albumina, seja ela hormónio, secreção gástrica ou qualquer outra substância secundária, que não exerça certas acções. Sim, e é até fundada a hipótese de que a nossa memória, isto é, o nosso cabedal de conhecimentos, derive de determinadas combinações de albumina que se entrelaçam ou estratificam quìmicamente. Reflectindo nisto, tem-se uma noção vaga de como são estruturadas as macromoléculas albuminóides.

Mas todas estas considerações pouco ou nada têm a ver com a aparência, ou forma exterior do organismo vivo. Em

nossas experiências, imitamos a origem da albumina original; contudo, só obtivemos produtos químicos albuminóides e não estruturas compactas.

Sidney W. Fox continuou a meditar. Devia existir um meio de fazer dos proteicos, fosse da forma que fosse, material de construção.

Tratava-se, evidentemente, de colocar os seus preparados em condições de reacção análogas às dos primórdios remotos da vida. Que se poderia empregar para induzir os proteicos a assumir forma?

Como se comportam os corpos albuminóides em contacto com a água? Ora, semelhante experiência seria absurda, porquanto o que os químicos denominam água, isto é, H_2O, quìmicamente pura, não existia nas épocas primitivas. Havia, se tanto, a água das marés do oceano original. Logo, a solução talvez fosse juntar um pouco de água do mar aos preparados albuminóides. Fox misturou quinze miligramas da preciosa substância a três centímetros cúbicos de água do mar e aqueceu a mistura, durante um minuto, à temperatura de 100° C. Era, quìmicamente, a bem dizer uma experiência sem esperança de êxito. É notório que o cozimento coagula, isto é, destrói a albumina. Podia Fox esperar outra coisa? Deixou esfriar a solução; depois, analisou-a meticulosamente. A solução mudara: apresentava uma quantidade enorme de glóbulos minúsculos, mas nìtidamente reconhecíveis ao microscópio. Era indubitàvelmente um sucesso, embora se pudesse objectar que a forma esférica é, no fim de contas, uma das mais simples, senão a mais simples. No entanto, quem poderia dizer, com antecedência, se a experiência produziria glóbulos ou bastõezinhos e, sobretudo, que o seu produto se manifestasse sob uma única forma?

Porque aí sucedeu realmente um facto essencial: originaram-se exclusivamente glóbulos. Glóbulos quase todos do mesmo volume. Um triunfo científico. Em condições adequadas, a albumina primitiva assume uma só forma.

Dispondo-nos, no entanto, a admiti-lo, aceitamos muito mais do que poderia parecer a princípio. O que se conseguiu formar é uma macromolécula, isto é, uma estrutura atómica descomunal, sujeita a determinadas regras. Não há actualmente quem não conheça as macromoléculas, porque as temos diante dos olhos, nos materiais sintéticos, nos fios sintéticos. Quem concordar em que a albumina pode originar-se de matéria inorgânica — e quem se atreveria hoje a duvidar disto! — também há-de convir em que, na base de leis naturais simples, em condições igualmente simples, possam formar-se moléculas maiores, dispostas em agrupamentos. Mas o conceito da ordem inclui o de limitação, sob o aspecto regional, em suma, de *estruturação.* Uma medida de estrutura, seja ela uma determinada série de moléculas, uma ramificação, um anel ou coisa análoga, distingue-se — químico-fìsicamente — de outra unidade. Resumindo: exerce, no seu âmbito, acção diferente da acção das outras.

Chegamos assim aos materiais albuminóides, os quais, considerados exactamente, podem exercer certas funções específicas. O que podem fazer, em casos especiais, depende do número das condições secundárias, como temperatura, meio de reacção, etc.

Os bioquímicos conseguiram organizar listas extensas da faculdade de reacção de substâncias albuminóides. À maneira de padronização, digamos que talvez não haja no corpo humano nenhuma albumina, seja ela hormónio, secreção gástrica ou qualquer outra substância secundária, que não exerça certas acções. Sim, e é até fundada a hipótese de que a nossa memória, isto é, o nosso cabedal de conhecimentos, derive de determinadas combinações de albumina que se entrelaçam ou estratificam quìmicamente. Reflectindo nisto, tem-se uma noção vaga de como são estruturadas as macromoléculas albuminóides.

Mas todas estas considerações pouco ou nada têm a ver com a aparência, ou forma exterior do organismo vivo. Em

nossas experiências, imitamos a origem da albumina original; contudo, só obtivemos produtos químicos albuminóides e não estruturas compactas.

Sidney W. Fox continuou a meditar. Devia existir um meio de fazer dos proteicos, fosse da forma que fosse, material de construção.

Tratava-se, evidentemente, de colocar os seus preparados em condições de reacção análogas às dos primórdios remotos da vida. Que se poderia empregar para induzir os proteicos a assumir forma?

Como se comportam os corpos albuminóides em contacto com a água? Ora, semelhante experiência seria absurda, porquanto o que os químicos denominam água, isto é, H_2O, quìmicamente pura, não existia nas épocas primitivas. Havia, se tanto, a água das marés do oceano original. Logo, a solução talvez fosse juntar um pouco de água do mar aos preparados albuminóides. Fox misturou quinze miligramas da preciosa substância a três centímetros cúbicos de água do mar e aqueceu a mistura, durante um minuto, à temperatura de 100° C. Era, quìmicamente, a bem dizer uma experiência sem esperança de êxito. É notório que o cozimento coagula, isto é, destrói a albumina. Podia Fox esperar outra coisa? Deixou esfriar a solução; depois, analisou-a meticulosamente. A solução mudara: apresentava uma quantidade enorme de glóbulos minúsculos, mas nìtidamente reconhecíveis ao microscópio. Era indubitàvelmente um sucesso, embora se pudesse objectar que a forma esférica é, no fim de contas, uma das mais simples, senão a mais simples. No entanto, quem poderia dizer, com antecedência, se a experiência produziria glóbulos ou bastõezinhos e, sobretudo, que o seu produto se manifestasse sob uma única forma?

Porque aí sucedeu realmente um facto essencial: originaram-se exclusivamente glóbulos. Glóbulos quase todos do mesmo volume. Um triunfo científico. Em condições adequadas, a albumina primitiva assume uma só forma.

Dispondo-nos, no entanto, a admiti-lo, aceitamos muito mais do que poderia parecer a princípio. O que se conseguiu formar é uma macromolécula, isto é, uma estrutura atómica descomunal, sujeita a determinadas regras. Não há actualmente quem não conheça as macromoléculas, porque as temos diante dos olhos, nos materiais sintéticos, nos fios sintéticos. Quem concordar em que a albumina pode originar-se de matéria inorgânica — e quem se atreveria hoje a duvidar disto! — também há-de convir em que, na base de leis naturais simples, em condições igualmente simples, possam formar-se moléculas maiores, dispostas em agrupamentos. Mas o conceito da ordem inclui o de limitação, sob o aspecto regional, em suma, de *estruturação*. Uma medida de estrutura, seja ela uma determinada série de moléculas, uma ramificação, um anel ou coisa análoga, distingue-se — químico-fìsicamente — de outra unidade. Resumindo: exerce, no seu âmbito, acção diferente da acção das outras.

Chegamos assim aos materiais albuminóides, os quais, considerados exactamente, podem exercer certas funções específicas. O que podem fazer, em casos especiais, depende do número das condições secundárias, como temperatura, meio de reacção, etc.

Os bioquímicos conseguiram organizar listas extensas da faculdade de reacção de substâncias albuminóides. À maneira de padronização, digamos que talvez não haja no corpo humano nenhuma albumina, seja ela hormónio, secreção gástrica ou qualquer outra substância secundária, que não exerça certas acções. Sim, e é até fundada a hipótese de que a nossa memória, isto é, o nosso cabedal de conhecimentos, derive de determinadas combinações de albumina que se entrelaçam ou estratificam quìmicamente. Reflectindo nisto, tem-se uma noção vaga de como são estruturadas as macromoléculas albuminóides.

Mas todas estas considerações pouco ou nada têm a ver com a aparência, ou forma exterior do organismo vivo. Em

nossas experiências, imitamos a origem da albumina original; contudo, só obtivemos produtos químicos albuminóides e não estruturas compactas.

Sidney W. Fox continuou a meditar. Devia existir um meio de fazer dos proteicos, fosse da forma que fosse, material de construção.

Tratava-se, evidentemente, de colocar os seus preparados em condições de reacção análogas às dos primórdios remotos da vida. Que se poderia empregar para induzir os proteicos a assumir forma?

Como se comportam os corpos albuminóides em contacto com a água? Ora, semelhante experiência seria absurda, porquanto o que os químicos denominam água, isto é, H_2O, quìmicamente pura, não existia nas épocas primitivas. Havia, se tanto, a água das marés do oceano original. Logo, a solução talvez fosse juntar um pouco de água do mar aos preparados albuminóides. Fox misturou quinze miligramas da preciosa substância a três centímetros cúbicos de água do mar e aqueceu a mistura, durante um minuto, à temperatura de 100° C. Era, quìmicamente, a bem dizer uma experiência sem esperança de êxito. É notório que o cozimento coagula, isto é, destrói a albumina. Podia Fox esperar outra coisa? Deixou esfriar a solução; depois, analisou-a meticulosamente. A solução mudara: apresentava uma quantidade enorme de glóbulos minúsculos, mas nìtidamente reconhecíveis ao microscópio. Era indubitàvelmente um sucesso, embora se pudesse objectar que a forma esférica é, no fim de contas, uma das mais simples, senão a mais simples. No entanto, quem poderia dizer, com antecedência, se a experiência produziria glóbulos ou bastõezinhos e, sobretudo, que o seu produto se manifestasse sob uma única forma?

Porque aí sucedeu realmente um facto essencial: originaram-se exclusivamente glóbulos. Glóbulos quase todos do mesmo volume. Um triunfo científico. Em condições adequadas, a albumina primitiva assume uma só forma.

Mas que seria dos glóbulos, no curso do tempo? Fox deixou a solução descansar durante semanas. Os glóbulos conservaram-se como eram. Não se desmancharam, não mudou o seu tamanho. Com efeito, o pesquisador pôde até centrifugá-los e afastar o supérfluo do meio de solução, sem os alterar.

É bem natural que Fox os classificasse como *semelhantes a células*. Tendo os glóbulos o volume e uma série de qualidades análogos aos das bactérias, certos cientistas os consideram bactérias primitivas.

É óbvio que variaram muito as condições de experiência. Quase sempre se formaram as minúsculas esferas, embora o produto da experiência também aparecesse em forma de crescente. Contudo, nem dessa vez se originou uma mistura.

Outro oceano primitivo artificial

As conclusões que A. T. Wilson extraiu de uma tentativa que, a princípio, se parecia com uma experiência de Miller, e na qual o pesquisador usara uma disposição experimental perfeitamente adequada, são sensacionais, porquanto concernem, quer à forma exterior, quer à capacidade de reacção do produto. Wilson, que exercia a sua actividade na Universidade de Vitória, em Wellington, Nova Zelândia, divulgou os resultados, em Dezembro de 1960, no importante periódico inglês *Nature*, associando sem hesitar a origem do petróleo à sua descoberta. E avançou até mais um passo.

O seu *oceano primitivo* foi primeiramente cem centímetros cúbicos de água, na qual o cientista pôs em suspensão as cinzas de dez gramas de fermento comum. O fermento fora incinerado, à temperatura de 600° C; era, portanto, de excluir que restasse nas cinzas o mínimo resíduo de qualquer espécie de substância orgânica. Em comparação com outras experiências anteriores, Wilson tinha a vantagem de incluir

na sua prova mais elementos, graças aos resíduos da cinza do fermento. Contava, pois, com amoníaco, tendo introduzido na suspensão ácido sulfídrico. Encheu com o oceano primitivo assim formado uma proveta, acrescentou-lhe metano, e organizou um *temporal primitivo* lançando descargas eléctricas a esse *mar*.

Depois de uma hora, produziu-se a primeira reacção: agitando a proveta, formou-se espuma. Após quatro horas, a superfície do líquido apresentava-se coberta de uma película transparente, delgada, insolúvel, embora humedecida. A análise evidenciou-lhe a composição: carbono, hidrogénio e um pouco de azoto, bem como traços de oxigénio. Essa substância só ardeu a temperaturas superiores a 400° C. Tingida com corantes, reagiu quìmicamente. Submetida ao microscópio electrónico, revelou uma estrutura áspera, lamelada. Dessa experiência originaram-se macromoléculas de hidrocarboneto: cera, parafina, semelhantes às matérias análogas contidas no petróleo, mas que em parte apresentavam átomos parecidos com azoto e oxigénio, os quais lhes aumentavam decisivamente a capacidade de reacção.

Entretanto, a atmosfera de gás metano sobre o oceano primitivo também mudara. Também nela se haviam formado cadeias de hidrocarboneto.

Restava a desconfiança de que, simplesmente, como consequência das descargas eléctricas, o metano se houvesse sedimentado; mas Wilson pôde demonstrar que o seu oceano primordial participara absolutamente da reacção. Se perdera o amoníaco e o ácido sulfídrico, em compensação acusava outra espécie de produto de transformação, uma substância refractária ao corante e à água.

Já agora, não é possível ignorar as conclusões autorizadas por esta experiência. Algumas delas, com a devida reserva, merecem ser citadas. No dizer de Wilson, as gotas de chuva dos tempos primitivos, que pingaram de uma atmosfera metano-amónia-cal durante as descargas eléctricas, podiam reves-

tir-se de uma película da substância obtida por ele. Wilson opina que uma *vida de hidrocarboneto* poderia ter sido uma forma de transição para a *vida de albumina*. Daí, a tese: «Os jazigos de petróleo e de óleo de xisto, no globo terrestre, são possìvelmente restos da desagregação de tais substâncias.»

Nestes termos, Wilson aproxima-se, assim, da opinião do pesquisador soviético Kropotkin sobre a origem do petróleo. Este eminente cientista russo do Instituto Geológico da U. R. S. S. atacou severamente, em 1957, num congresso realizado em Moscovo, as teorias *clássicas* sobre a origem do petróleo.

Será oportuno lembrar, à maneira de esclarecimento sobre a experiência de Wilson, uma curiosa observação do ano de 1958. Tentou-se nessa ocasião analisar um fragmento do chamado *meteorito de Cold-Bokkevelt*, meteorito de pedra e, portanto, na sua maior parte, de silicatos. Com o intuito de desprender as partículas a serem analisadas, o meteorito foi posto a ferver em ácido fluorídrico. Mas esse processo, aliás usual, não surtiu êxito. Mesmo ao cabo de 140 horas de coação, nada se desagregara do meteorito. Evidentemente, um envoltório delgado de hidrocarboneto protegia-lhe, na estrutura, as granulações do silicato, neutralizando assim o ataque do ácido fluorídrico. Terá acontecido o mesmo, na experiência de Wilson? É o que logo ocorre à mente.

Como viviam as primeiras células?

Se, neste ponto, observarmos até onde nos conduziram as experiências, veremos que as dificuldades iniciais não tinham razão de ser. A composição do oceano primitivo, com as suas praias, e a atmosfera primordial, como a deduzimos, basta — com uma intervenção externa de energia — para explicar duas classes de combinações da química orgânica, quìmicamente muito versáteis e capazes de reacção: os aminoácidos

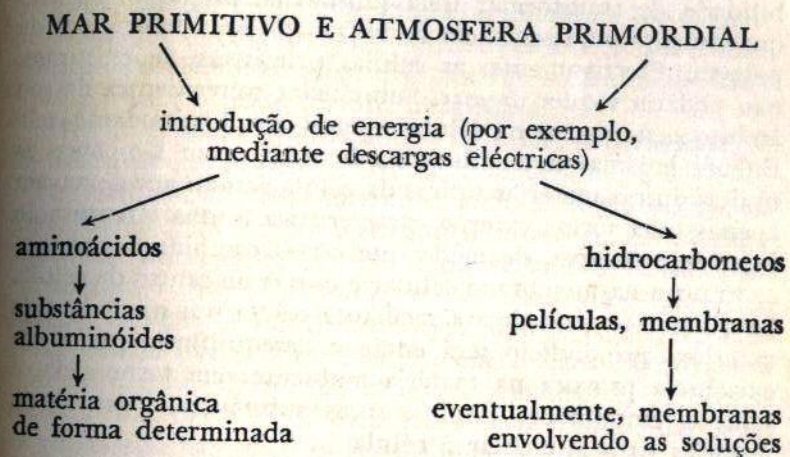
e os hidrocarbonetos neste sector, e os químicos atenderão especialmente que não se trata de hidrocarbonetos de reacção forte e da natureza da cera, mas de derivados aptos para absorver corantes, isto é, capazes de provocar reacções. Os aminoácidos levaram-nos aos proteicos, dotados de poder de assumir determinadas formas exteriores; os hidrocarbonetos formam, desde o princípio, membranas, isto é, corpos superficiais.

Esboçando-o esquemàticamente, obtemos este quadro:

MAR PRIMITIVO E ATMOSFERA PRIMORDIAL

introdução de energia (por exemplo, mediante descargas eléctricas)

aminoácidos → substâncias albuminóides → matéria orgânica de forma determinada

hidrocarbonetos → películas, membranas → eventualmente, membranas envolvendo as soluções

Estamos, pois, bem adiantados na direcção de produtos similares da célula natural.

De resto, a palavra *célula* deve ser compreendida em sentido de espaço. Uma célula viva, vegetal ou animal, é dotada de inúmeras propriedades. Tem uma organizaçãc superior, uma permuta orgânica complicada e o poder de transformar o seu conteúdo material, bem como o de expelir o material gasto. Tal espécie de célula biológica não existia originàriamente, em forma determinada. A célula primária era, se tanto, certa quantidade de substância, envolta numa mem-

brana, dotada, na melhor das hipóteses, de uma única função vital: absorver alimento, dentro de determinados limites. Era, por assim dizer, um estômago primitivo. Mas, alimentando-se, não o fazia indiscriminadamente. A sua *nutrição* dependia da espécie da membrana celular. O que se difundia através desta, o que podia introduzir-se nela, deslizava para dentro da célula; o resto era enjeitado. Os processos subordinavam-se a leis de difusão puramente físico-químicas. Uma célula desta espécie não tinha, de modo algum, a possibilidade de transformar uma substância, preparando-a adequadamente para seu meio de vida — no sentido original da palavra. Efectivamente, as células primitivas, se existiram, não podiam sequer *digerir*. Substâncias convenientes do seu âmbito penetravam na célula; apenas isto. Lògicamente, não tinham enzimas nem albumina herdada, nem tão-pouco as muitas outras matérias típicas da célula actual; apresentavam apenas uma forma externa característica e uma estruturação interior primitiva, de modo que certas combinações se concentravam na membrana celular e outras no centro da célula. Se quisermos atribuir a semelhante célula um *sinal de vida* exterior, esse indício será então o desequilíbrio que a sua existência provoca na matéria ambiente: em torno dela, a solução empobrece; diminuem as substâncias *comestíveis*, próprias para alimentar a célula.

Com estas considerações, avançamos até ao limite extremo das hipóteses. Reflitamos agora no que talvez haja ocorrido nesta ou naquela fase de desenvolvimento do nosso planeta. Com o tempo, mudaram provàvelmente os oceanos e a atmosfera das épocas primitivas. Declinou o teor em metano do ar e também diminuiu o seu conteúdo de amoníaco. Vastas extensões de água cobriram-se com uma camada de substância orgânica. Os rios arrastaram para os oceanos quantidades cada vez maiores de areia e sais. A Terra continuou a esfriar. Afrouxou o imenso campo de nuvens e a intensa luz ultravioleta do Sol irradiou com mais força na Terra.

Em virtude dessas mudanças aparentes, as substâncias orgânicas podem e devem ter assumido novas formas.

Talvez se haja feito sentir, com intensidade maior, outro novo factor do ambiente: o aparecimento do oxigénio, a substituição da atmosfera antiga, pobre deste elemento, pela atmosfera oxidante actual.

Nas regiões onde camadas espessas de hidrocarbonetos cobrem as águas só podem desenvolver-se formas de vida que dispensem o oxigénio; nas zonas onde a água dissolveu o oxigénio, podem originar-se inúmeras combinações oxigenadas. Cumpre distinguir entre formas aeróbias e anaeróbias. Uma diferenciação das espécies é possível — direi mais: indispensável para o nosso quadro imaginário.

Até hoje, como tivemos ensejo de dizer, existem espécies de bactérias que só podem viver sem oxigénio.

As influências dessas alterações ambientes são demasiado multiformes para que as aceitemos sem novo material experimental. Justamente na base dessa versatilidade, devemos contar com o aparecimento de novos sistemas de células, com funções específicas subtilmente organizadas, com o aperfeiçoamento de novas propriedades, com a transição para um número ingente de formas celulares semelhantes às células actuais. Mas daí adveio, para todas essas células, um facto singular: elas não estão sujeitas a morrer.

Rejuvenescimento em vez de morte

Eis-nos chegados ao ponto de indagar se a morte *foi desde o princípio* ou se teve origem no curso do desenvolvimento, ou seja, da especialização. A este respeito há muito que dizer. Num dos capítulos precedentes tentámos a definição de que tudo o que vive pode morrer. Esta formulação traz involuntàriamente à lembrança os restos, a substância morta, o cadáver. Mas onde não haja cadáver, poder-se-á dizer que

houve morte? Numerosos microrganismos, seres vivos unicelulares, como as bactérias e as algas, desenvolvem-se, atingem certo tamanho e dividem-se. As duas partes resultantes continuam a crescer, até se dividirem por seu turno; e assim prossegue o ciclo. Neste ponto se nos depara o conceito *nova geração*, no verdadeiro sentido das palavras. A célula velha, amadurecida, desapareceu. Devemos dizer que *morreu*? Onde está então o seu *cadáver*? Indubitàvelmente, há vidas que, para o nosso conceito da vida, são imortais; vidas para as quais, em vez da morte, sobrevém periòdicamente um rejuvenescimento. Tomemos um fragmento de tecido de um organismo superior, suponhamos de um mamífero: enquanto o mantivermos em condições adequadas, ele se multiplica e *não pensa em morrer*.

Já em 1904 Paul Ehrlich praticou num rato a ablação de um tumor canceroso. Desde então, esse carcinoma tem estado a ser cultivado. Dele se expediram amostras para toda a parte, onde pesquisadores continuam a cultivá-las. Todos os laboratórios de pesquisa do cancro, no mundo inteiro, possuem um carcinoma do rato de Ehrlich, continuando, ainda hoje, a servir de padrão para experiências de novos preparados de combate ao cancro. Entretanto, por mais são que fosse, o rato de Ehrlich já estaria morto há muito.

Poder-se-ia perguntar, agora, até que ponto a reprodução sexuada se diferencia da multiplicação da célula, se esta multiplicação nada mais é do que um rejuvenescimento de indivíduos tão diferenciados que disponham de unidades especiais de nova geração, justamente células espermáticas e óvulos, o que os tornaria animais de organização superior, sob certo aspecto imortais como as algas. O que denominamos *cadáver* seriam, neste caso, órgãos secundários, fisiològicamente gastos, que têm de formar-se novamente a fim de que a vida continue. Por mais tentadoras que sejam tais teorias, por muito que possam envolver também a nossa vida em uma moldura grandiosa, não as adoptaremos aqui.

Porém, antes de continuarmos, resta a questão de saber como se originaram unidades aptas para essa automultiplicação. Em relação às primeiras formas de vida, absolutamente primitivas, talvez devamos pressupor que a sua formação foi simplesmente favorecida, sob o aspecto químico. Qualquer nova unidade era um novo indivíduo que iniciava a sua vida, sem a influência das já existentes. No meio dessa quantidade de indivíduos diferentes encontravam-se certamente os dotados com materiais químicos de estrutura que, de certo modo, pudessem servir de padrão. Quer dizer, material de construção apto para formar substâncias análogas à composição da célula. Conseguido o equilíbrio perfeito, as partes idênticas desprender-se-iam umas das outras. Sabe-se, há muito, que é possível a sedimentação de combinações químicas. Uma estratificação que nos primórdios da vida deve ter sido de importância decisiva é a dos aminoácidos em minerais argilosos. Por exemplo: o metal argiloso, muito comum, vermiculita, até entre as camadas de que é constituído, absorve alanina-beta, glicina, ácido aminobutírico-gama, ácido amino-propiónico-ípsilon, isto é, aminocidos.

Semelhante poder de sedimentação, ou de absorção, não se evidencia só nessas substâncias simples. Conforme descobertas muito recentes, partes isoladas de corpos compostos de combinações albuminóides, como as encontramos nas células actuais de seres vivos de organização superior, estão perfeitamente em condições de atrair moléculas da mesma natureza. Mais do que isto: a sedimentação é tão compacta que as novas estruturas lhes correspondem até em relação ao espaço. Todavia, o que mais surpreendeu os bioquímicos foi o facto de isto ocorrer mesmo sem utilizar terceiras substâncias acessórias. A faculdade de auto-reprodução ainda hoje se verifica plenamente. É possível ver, no microscópio electrónico, as células filiformes assim formadas.

Até agora, tratamos em especial da albumina como pedra fundamental da vida. Havia para isto várias razões. As con-

sequências científicas desse tema são as mais modernas e actuais. Sobre a formação do açúcar, do amido, da celulose, existem há muito teorias plausíveis, bem estudadas. O problema da albumina é o mais complexo e, por consequência, o mais tentador.

Os cientistas que se ocupam do problema da origem da vida devem contentar-se com o que se apurou nestes últimos anos. Temos todos os motivos para esperar que nos próximos anos já se possa penetrar mais no fenómeno da evolução fisiológica. Estamos na pista das primeiras células vivas.

É natural que ainda se apresentem muitas objecções aos novos encadeamentos de ideias, porque elas são, em última análise, a pedra de toque para se averiguar se nada foi esquecido, se todos os factos se adaptam sem contradições uns aos outros e formam um quadro real. Assim, por exemplo, impugnaram-se as teorias de Urey, Fox e outros pesquisadores, alegando que elas não oferecem possibilidade de formação de porfirinas — combinações similares da hemoglobina e da clorofila — que encontramos no petróleo. Mas esta objecção não é sustentável. Falando de vida primitiva, não devemos pressupor que ela tivesse as funções diferenciadas da época actual. Podemos, pelo contrário, considerar que uma vida primitiva se caracterizasse justamente pela ausência desses multiformes processos vitais. E aqui voltamos à ponderação de que a verdadeira característica da vida é a forma aparente de matéria viva. Rigorosamente falando, ainda hoje não sabemos sequer quando poderemos dizer, acerca do produto das experiências vindouras: isto vive!

Indubitàvelmente, a vida origina-se de uma série de reacções isoladas, complexas, mas perfeitamente admissíveis, nas condições terrestres. Abalançamo-nos até a conjecturar: a formação da Terra já estava condicionada a que, em determinado lapso de tempo, preenchesse condições físico-químicas, dentro das quais fosse fatal a origem da vida e o seu desenvolvimento ulterior.

CAPÍTULO VI

METABOLISMO E VIDA

LIEBIG EXAMINA SOLDADOS — CONTROVÉRSIA EM TORNO DO FERMENTO — ESTAÇÃO DE MANOBRAS

A própria permuta orgânica deve ter progredido de conformidade com as condições ambientes e as suas modificações. Os processos químicos vitais que observamos actualmente na Terra são extremamente complexos e variados, quer examinemos a vida vegetal, quer a vida animal e humana. Tendemos, em geral, para a hipótese de que as alterações das transformações químicas não se operam como as estudamos nos seres vivos. Não é bem esse o caso. O teste submarino realizado no atol de Bikini, por exemplo, evidenciou o grau de capacidade de adaptação da vida e até que ponto ela sabe readaptar o seu metabolismo.

Passado certo tempo depois da explosão, ao investigar possíveis mudanças ocorridas nos reinos vegetal e animal, os pesquisadores obtiveram um resultado surpreendente: várias espécies de algas marinhas, vermelhas, verdes e pardas, não tinham mudado de forma nem de aparência no seu *habitat* contaminado pela radiação; mas a sua permuta orgânica acusava uma diferença radical. Para sobreviver, as algas tinham de se adaptar, fosse como fosse, ao alto conteúdo de

peróxido de hidrogénio das águas circundantes. Cindindo as moléculas da água, a radiação radioactiva dera ensejo a que se formasse, entre outros, peróxido de carbono, a água oxigenada com que fazemos gargarejos nas inflamações da garganta para desinfectar a faringe e matar as bactérias. E a radiação originou essa substância tóxica, não só na água em que as algas flutuavam, mas também nas próprias algas.

Ora, o organismo dispõe de certa dose de enzima que pode decompor o peróxido de hidrogénio; e as algas conseguiram elevar, no seu organismo, a produção desse fermento a doses tão altas que o peróxido de oxigénio, venenoso para elas, se transformou numa concentração inofensiva.

Este exemplo demonstra que, mediante medidas eficazes, o metabolismo de um ser vivo pode reagir plenamente ao acúmulo de substâncias perniciosas. E também o faz em caso de agressões menos insólitas no estado normal da vida, tais como as enfermidades.

As alterações do metabolismo, nas suas subtilezas, como por exemplo na produção de hormónios, talvez sejam as causadoras do facto de serem hoje os habitantes da Europa Central mais altos, em média, do que os da geração anterior. Ainda não é possível explicar a causa exacta deste fenómeno.

Até hoje, a pesquisa do metabolismo não passou da fase inicial. Consideremos, primeiramente, o aproveitamento da alimentação como simples fontes de energia: os alimentos têm de ser digeridos, *assimilados,* a fim de que o organismo adquira energia. Não é só isto. É função do metabolismo formar produtos que o corpo tem de eliminar. A denominação *permuta orgânica* indica apenas vagamente as muitas centenas de graus intermediários.

Liebig examina soldados

Se engarrafássemos os elementos químicos fósforo, cálcio, sódio, ferro, etc., que se obtêm analisando um ser vivo, ninguém mais poderia dizer de onde eles provêm. Não se diferenciam de quaisquer elementos similares extraídos do solo, do ar ou da água. Nada denota que eles derivem de matéria vegetal ou animal. Absolutamente a mesma coisa se dá com as substâncias alimentícias, que também se decompõem. Chegamos então a resultados como os que Justus von Liebig já comunicava ao seu grande amigo sueco Jöns Jacob Berzélio: «Calculei, graças à análise do pão e da carne eliminados em excrementos, que um soldado — isto é, um homem adulto, numa média de oitocentos e cinquenta e seis homens — decompõe diàriamente 27,5 *loth* (cerca de 82,5 gramas) de carbono, o carbono das fezes. Estes 82,5 gramas de carbono são expelidos do corpo, sob a forma de ácido carbónico... Os meus trabalhos me renderão um livrinho.»

O *livrinho* apareceu, de facto, em 1842, Liebig intitulou-o *A Química Orgânica na Sua Aplicação à Fisiologia e à Patologia.* Nele, o autor acumulou material experimental excepcionalmente copioso para a sua época, demonstrando claramente que a alimentação absorvida é *queimada* no organismo e, consequentemente, é para o corpo fonte de calor e de capacidade de trabalho. Os detritos são eliminados pelo corpo na respiração, na urina, no suor, etc. Nós admitimos que estes traços fundamentais do metabolismo e da assimilação sejam conhecidos na nossa época. Não o eram no tempo de Berzélio, o *papa da Química,* habituado a polemizar com os colegas. Nem dessa vez fez excepção. E Liebig revidou-lhe os argumentos, em termos não menos enérgicos.

Friedrich Wöhler tentou intervir na contenda, advertindo Liebig:

«A meu ver, o modo como expuseste as tuas divergências

de opinião a um homem como Berzélio, que, além do mais, é teu amigo pessoal, é de todo impróprio...»

Apesar disto, em 1842, a permuta orgânica e os seus problemas transformaram a controvérsia em guerra aberta. Refere Liebig:

«Berzélio despediu-se de mim com palavras ásperas, escrevendo-me uma carta injuriosa...»

Mas tudo isto são escaramuças. O certo é que nem a determinação dos elementos químicos nem as complexas partes componentes de um corpo permitem reconhecer até que ponto a alimentação possibilita a duração da vida.

Como consegue um organismo operar as transformações químicas indispensáveis à sua vida?

Aqui temos o resultado da análise do ser vivo e a da análise da sua alimentação. Mas que significa isto?

Controvérsia em torno do fermento

Consideremos apenas um sector do aspecto geral do metabolismo; e este sector, por sua vez, só em traços gerais, porque o essencial é apenas focalizar-lhe o princípio, com a amplitude permitida pelos conhecimentos actuais. Situemo-nos, pois, entre as partes polemizantes, e concentremos a atenção no centro da discussão então travada: *a fermentação alcoólica.*

Para a fermentação precisa-se de fermento; isto parece incontestável, mas infelizmente é falso. Ora, na quarta década do século passado, reconheceu-se que o fermento é uma aglomeração de determinados microrganismos. Por mais estranho que nos pareça, tratou-se, a princípio, de provar que o fermento não deriva da geração espontânea! Lembremo-nos de que há cem anos a teoria da geração espontânea ainda tinha numerosos adeptos. Ainda em 1888, o médico e escritor naturalista Ludwig Büchner considerava possível a geração

espontânea nos seres vivos inferiores. Só Luís Pasteur conseguiu, apesar da grande resistência, levar a *geração espontânea* do fermento *ad absurdum.* Em compensação, acreditava, por sua vez, que só o fermento *vivo* pudesse provocar fermentações e produzir (com bióxido de carbono) álcool — opinião refutada por Liebig com a sua energia habitual.

Os dois partidos recrutavam aliados, e as frentes firmavam-se. Os gritos de guerra eram:

— Só fermento vivo produz álcool!

— O fermento morto também o produz.

— O fermento não estava morto; algumas das suas células ainda viviam.

E finalmente:

— Seria o mesmo que afirmar: as células de fermento têm, em lugar de bexiga, uma garrafa de champanhe.

A decisão da contenda adveio de um acaso, de uma experiência involuntária:

Em 1896, pouco antes da transição do século, Eduard Buchner produziu em Tubingen, para fins medicinais, um extracto de fermento. As células do fermento, trituradas com areia, foram espremidas. Resultou tamanha quantidade de extracto que não foi possível elaborá-lo imediatamente. Para o conservar, adicionou-se-lhe açúcar — e obteve-se o álcool!

Onde não restava uma célula viva, encontrava-se álcool, um produto de fermentação! Logo, o elemento decisivo não deviam ser as células, consideradas como tais, mas sòmente uma parte componente delas. Isolou-se essa parte, deu-se-lhe a denominação de *zímase*, atribuiu-se-lhe a natureza de fermento e julgou-se resolvido o problema.

Dois anos decorridos, duas dúvidas estavam perfeitamente esclarecidas:

1) O fermento *zímase* origina-se exclusivamente em células vivas;

2) A *zímase* pode, no entanto, agir mesmo isolada da célula viva.

Em 1907, pelas suas pesquisas e pela descoberta da fermentação sem células, Buchner foi distinguido com o Prémio Nobel de Química; era então professor de química na Escola Superior de Agricultura de Berlim. Dez anos depois, Eduard Buchner, mobilizado como oficial do exército, tombava na batalha de Verdun.

Pelo amor da clareza, equacionemos mais uma vez como divergem até esta data as opiniões:

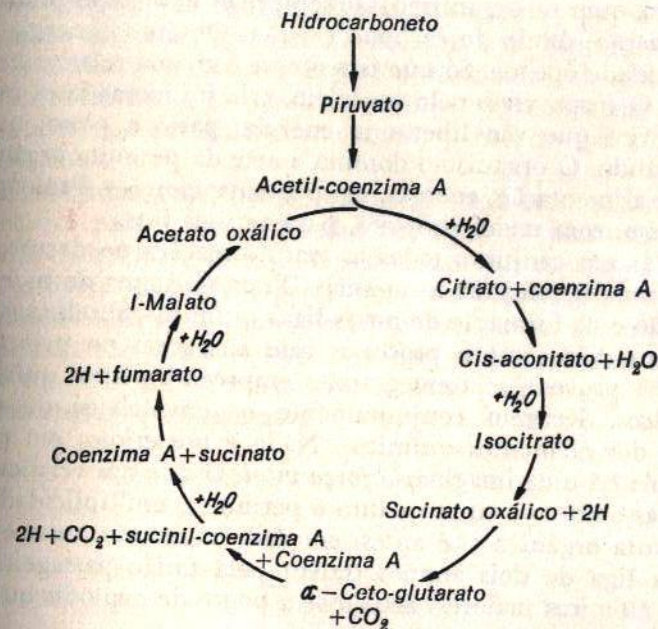
1) Sumo de frutos + fermento = álcool;
2) Açúcar + zímase = álcool.

Num livro publicado na Alemanha em 1944 encontramos, com pequenas variações, a mesma opinião. Uma forma primitiva não de uma permuta orgânica, mas de uma transformação de matéria.

Estação de manobras

Examinando o esquema da permuta orgânica de um hidrato de carbono, verificaremos numerosos graus intermediários que desembocam finalmente num ciclo metabólico, o chamado *Ciclo de Krebs,* ligado ao nome do bioquímico alemão Hans Adolf Krebs, forçado a emigrar em 1934 e actualmente professor da Universidade inglesa de Sheffield. Na conferência que este cientista pronunciou em Estocolmo, depois de ser contemplado com o Prémio Nobel, em 1953, há um esquema desse ciclo que reproduzimos aqui, esquema aperfeiçoado e completado nos últimos anos. Através dele verificamos que *pouco ou nada resta das primeiras formulações da época de Liebig.*

Dispomos presentemente de esquemas semelhantes sobre os processos de assimilação das gorduras e a proteólise; há entre esses processos ligações cruzadas, e, se quisermos ter uma ideia do quadro geral do metabolismo, digamos que ele se parece com uma vasta estação de deslocamento e de manobra.

O mais curioso é que os muitos processos distintos que se desenvolvem no metabolismo são absolutamente específicos, isto é: assim como, nas nossas estações, não podemos confiar a um carregador o serviço de sinais, também não é possível empregar um em vez de outro dos muitos enzimas da permuta

Representação do chamado Ciclo de Krebs

orgânica. E assim como não podemos engatar uma locomotiva de manobra a um comboio rápido, não é possível utilizar um produto intermediário antes que esteja organizado de forma aproveitável.

Os bioquímicos descobrem dia a dia novas peculiaridades

da permuta orgânica. E verificam, maravilhados, a subtileza com que as substâncias fundamentais da nossa alimentação e os seus graus de decomposição, com desgaste mínimo e surpreendentemente complexo, contribuem continuamente para fornecer novas energias.

Finalmente, queimando gorduras e açúcar, quer num fogareiro, quer no organismo, são sempre os mesmos os produtos da reacção: óxido de carbono e água. Obtém-se energia em quantidade óptima. Só que isto ocorre à chama relativamente forte. O corpo vivo, pelo contrário, cria inúmeras fases intermediárias que vão liberando energia, passo a passo, quase deslizando. O organismo domina a arte da permuta orgânica. Exige alimentação, energia, em pequenas porções. Prolonga o processo, com meios próprios, para os seus fins.

Mas em conjunto todas as transformações no decurso da permuta orgânica são as mesmas. Trata-se, acima de tudo, da solução e da formação de novas ligas químicas, absolutamente comuns. São sempre processos que aparecem no princípio, seja na proveta, seja em grandes empreendimentos químico-técnicos. Reagem conjuntamente os envoltórios de electrões dos elementos químicos. Nada é misterioso; em parte alguma há uma imaginária *força vital*. O que nós verificamos com assombro — tanto quanto o permite a multiplicidade da permuta orgânica — é antes, em dado momento, uma e não outra liga de dois átomos (talvez pela união passageira de ligas atómicas maiores) activar-se a ponto de explodir ou preparar-se para nova composição.

Considerando o esquema é que percebemos porque a nossa permuta orgânica é tão sujeita a perturbações. Admitamos que uma enzima falte ou não esteja disponível em quantidade suficiente. Acumulam-se imediatamente grandes quantidades dos produtos que já não podem ser combinados. Dentro em pouco sobrevém uma falha noutra parte e o organismo inteiro começa a padecer do material acumulado, não aproveitável. É como se houvesse um desvio na estação de

manobras. A via já não se presta para elas. O que ainda está ali partirá; mas, à frente do desvio, acumula-se carga que tem de seguir naquela direcção.

Por outro lado, já vimos como os próprios microrganismos, em caso de necessidade, são capazes de se adaptarem às novas condições. O que se nos depara aí é o *milagre da célula*. Para a sua função, não é importante apenas o seu conteúdo material; igualmente decisivo é a disposição deste no domínio da célula. As experiências citadas, de Fox e de Wilson, relativas à forma dos produtos originados em condições terrestres primitivas, são, desse ponto de vista, muito elucidativas.

Começamos a vislumbrar até que ponto a estrutura celular é decisiva para a realização dos processos de permuta orgânica no interior da célula. As suas áreas têm uma espécie de *vida própria*. Cumpre esperar que, nos próximos anos, cheguemos a saber mais sobre isso. Provàvelmente, reconheceremos então que as nossas noções actuais, o que sabemos agora, eram um princípio tão primitivo como as primeiras pesquisas do metabolismo do açúcar.

CAPÍTULO VII

VIDA, NEM SÓ NA TERRA

ONDE FOI O BERÇO DA HUMANIDADE? — 10[18] DE TERRAS NO COSMO — EXOBIOLOGIA, OUTRO RAMO DE CIÊNCIA — ELEMENTOS ORGANIZADOS — MICROFÓSSEIS DE UMA TERRA DESCONHECIDA — OUTRAS FORMAS DE VIDA?

Estávamos habituados a aceitar a presença da vida como uma espécie de milagre, de coisa inconcebível. Por isto talvez nos cause estranheza reconhecer que, no fundo, a formação da vida foi uma fase de desenvolvimento absolutamente racional, e até forçado, no sector da geologia. Reinavam na Terra condições em que se deviam operar reacções inevitáveis que culminaram na produção da vida, embora ela fosse a princípio tão primitiva. Compenetremo-nos de que o termo *culminar* é sumamente adequado, mesmo que incluamos o Homem como *ser vivo*. Não há razão para admitirmos que a vida represente, de facto, o ponto culminante da evolução. Na medida do que podemos julgar, a Terra ainda existirá por muitos milhões de anos. Seguir-se-ão, portanto, formas de vida nova, provàvelmente de organização mais elevada.

Os primeiros seres vivos apareceram na Terra há uns dois biliões de anos. Os dados relativos a essa data ainda diver-

gem amplamente. Os mais antigos restos de animais fossilizados foram descobertos na Austrália. Ascendem a quinhentos ou seiscentos milhões de anos. São seres vivos rudimentares, da natureza das medusas, de poucos centímetros de comprimento, dotados, se tanto, de um arcabouço primitivo de agulhas calcárias. A denominação *período dos celenterados* mereceria justificação. Do período das florestas carboníferas, distante de nós uns duzentos e cinquenta milhões de anos, já conhecemos uma rica vida anfíbia. Seguiram-se-lhe répteis, aves, mamíferos, plantas florais.

Mas quando apareceu o Homem?

Desde decénios, fervem os debates em torno desta questão, não menos animados do que as discussões suscitadas por estoutro quesito: descenderá o Homem do macaco?

As condições mais elementares já mostram que existem semelhanças anatómicas é fisiológicas acentuadas. Por esta razão, formou-se o grupo dos *primatas*, que compreende, além do Homem, os lémures ou maquis, os cinocéfalos, o orangotango, o gorila e — subordinado imediatamente ao Homem — o chimpanzé. Mas como derivam eles uns dos outros? As formas mais antigas de primatas datam de setenta milhões de anos. Onde se entrosou o Homem? Livros, bibliotecas inteiras encheram-se de dissertações sobre esse tema. Consideremos como exemplo um achado de época bem mais recente.

Em 1872, o paleontólogo francês Paul Gervais descreveu os restos de uma mandíbula, descoberta na mina de linhite de Monte Bamboli, a noroeste de Massa Marítima, na Toscana. Calculou-se que a formação contida nesse fóssil datasse de dez milhões de anos, e ele foi classificado como pertencente a um primata aparentado com o gorila ou o cinocéfalo. Não se julgou então poder-lhe atribuir um parentesco mais chegado com o Homem.

Em 1954 surgiram dúvidas. O dr. Hürzeler, do Museu de História Natural de Basileia, resolveu fazer uma revisão. Viajou para Florença e ali foi informado da descoberta re-

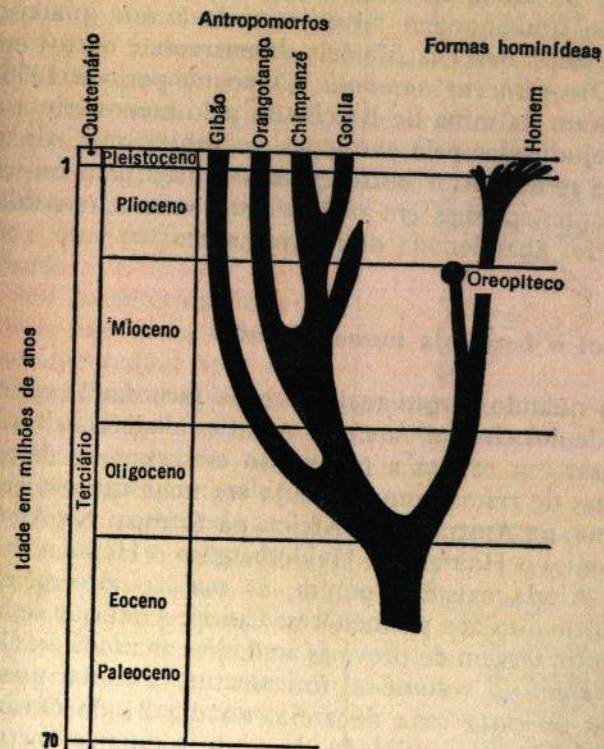
cente de novos restos do citado *Oreopithecus bambolii*, num pequeno jazigo de linhite, em Baccinello, nos arredores de Orvieto. O professor de Basileia procurou logo o director da mina. Certificou-se de que se haviam encontrado, de facto, outras partes fósseis, mas ninguém se interessara por elas. Além disto, a mina fora fechada e, pelo que parecia, definitivamente. Restava apenas a possibilidade de procurar fósseis à superfície. As buscas efectuadas, no Verão de 1955, foram infrutíferas.

De um acaso feliz, a reabertura da mina, em 1956, resultou a descoberta de novos restos de oreopiteco, infelizmente danificados pela extracção da linhite. A hipótese de jazerem esqueletos completos no terreno induziu a procurá-los. Duzentos metros abaixo da superfície, apareceram novas galerias; mas a pressão do monte era excessiva e ali não se encontrou nenhum esqueleto intacto.

Em fins de Julho de 1958, suspenderam-se as escavações. Hürzeler já se preparava para regressar quando veio à luz, na mina de linhite, um esqueleto perfeito. A ossada alvejava fantasmagòricamente no tecto negro de uma galeria, com um dos braços aparentemente erguido e já soltos grande parte dos ossos. Não era fácil desentranhar a ossada. Finalmente, foi possível extrair os dois grandes blocos de carvão que a continham.

Preparadas as várias secções do esqueleto, verificou-se que era muito difícil classificá-lo cientìficamente. O tronco media cerca de quarenta e seis centímetros; o peso orçava pelos quarenta quilos. Os braços eram relativamente compridos, e os ossos das pernas, curtos. As vértebras lombares, sigularmente robustas, denotavam a possibilidade do hábito da marcha em posição vertical. A parte mais interessante era o crânio. A cara, não comprida, sem traços de *focinho simiesco*, conservava a ossatura do nariz, o que não se observa nos antropóides nem nos cinocéfalos.

Submeteram-se a estudo meticuloso a espécie e a disposi-

ção dos dentes, muito semelhantes aos do tipo humano primordial. O maxilar inferior acusava uma leve proeminência. Ter-se-ia descoberto o protótipo do homem primitivo? Estudos críticos demonstraram que não era bem esse o caso. O oreopiteco não era um homem, nem ascendente directo da espécie humana actual.

Representação esquemática da evolução do Homem. Observa-se a separação dos hominidas e dos antropomorfos no oligoceno. O oreopiteco é um ramo colateral dos hominidas, cujo desenvolvimento termina num beco sem saída

A sua significação científica consiste em que ele, se não for tudo ilusão, pertence a uma linha colateral, já extinta, da evolução do homem. Neste caso, há uns dez milhões de anos já devia existir uma linha de evolução para o Homem, muito antes que o orangotango, o gorila e o chimpanzé se apartassem da linha de evolução simiesca. Resumindo: o Homem *não* descende do chimpanzé. Embora se atribua à evolução da linha do oreopiteco uma duração razoável, a separação símio-homem talvez ascenda a uns quarenta milhões de anos. Seria satisfatório desentranhar outros esqueletos de *Oreopithecus bambolii*. Como no período 1956-59 se descobriram na mina de Baccinello pelo menos trinta esqueletos prejudicados pela extracção da linhite, subsistia a esperança de se encontrar outro exemplar mais bem conservado. Entrementes, porém, em razão da sua escassa rentabilidade, a mina foi abandonada definitivamente.

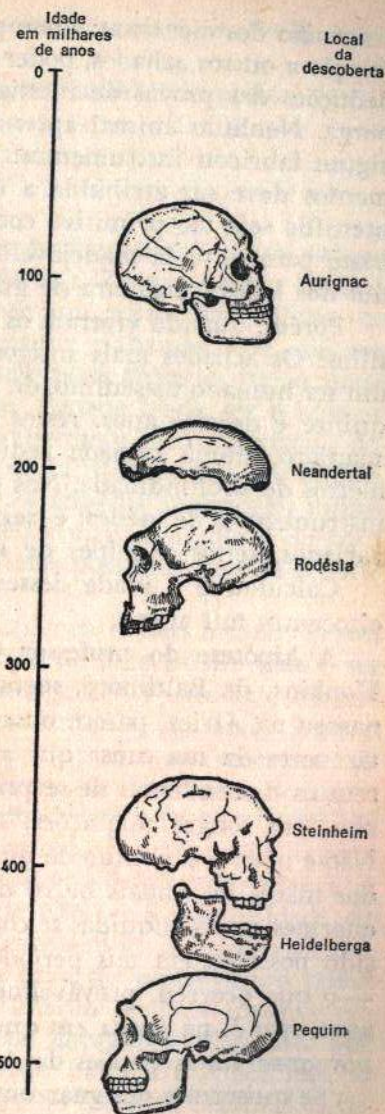
Onde foi o berço da humanidade?

Mas quando surgiu realmente na face da Terra o ser a que podemos chamar *homem*? A dificuldade consiste apenas em passar em revista a progressão crescente de descobertas contínuas de restos humanos cada vez mais antigos, em Java, na China, na Austrália, na África, na Europa. Na Alemanha, conhecemos o Homem de Heidelberga e o Homem de Neandertal. Ainda existem, porém, as maiores divergências de opinião quanto aos pormenores. Cumpre indagar se, e até a que ponto, servem de prova as analogias anatómicas. O *Homo heidelbergensis* resume-se ùnicamente a uma mandíbula retirada de certa cova de areia, no dia 21 de Outubro de 1907, a uma profundidade de vinte e quatro metros, em Mauer, perto de Heidelberga. Durante a extracção, o osso partiu-se ao meio. Ao ser preparado, sofreu novos danos: caíram-lhe ou quebraram-se quatro dentes. Os restantes per-

deram o esmalte. Recomposta a mandíbula com outros dentes, da melhor maneira possível, fotografou-se o achado, mas de um ângulo desfavorável. E aí começaram as discussões científicas. Só em 1937, isto é, trinta anos após a descoberta, os quatro dentes foram encontrados numa pequena proveta e colocados cuidadosamente. Desde então, a ciência sabe que o *Homo heidelbergensis* não perdeu em vida essa parte da sua dentadura.

O destino ulterior desta mandíbula não tem sido menos movimentado. Após a segunda guerra, essa relíquia das eras primordiais, cuidadosamente escondida em lugar seguro, caiu em poder de soldados, quebrando-se, como em 1907, e sofrendo a perda de dois dentes.

Todavia, quem comparar a mandíbula do *Homo heidelbergensis* à dum macaco aderirá imediatamente

Formato do crânio, cronologia e local do aparecimento de alguns tipos de homem primitivo

à opinião dos cientistas: «Isso pertenceu a um homem!» Em relação a outros achados, poder-se-ia hesitar. Procurou-se tirar deduções das provas de inteligência do Homem de Heidelberga. Nenhum animal aprendeu a acender o fogo; animal algum fabricou instrumentos. A capacidade de fazer instrumentos deve ser atribuída a um ser humano, ainda que o utensílio seja tão primitivo como uma pedra lascada, quanto baste para torná-la manejável, aguçá-la em ponta e afiar-lhe um dos lados à maneira de gume.

Porém, quando viveram os primeiros fabricantes de utensílios? Os achados mais antigos desse género são os restos de um ser humano masculino, de pequena estatura e idade entre quinze e dezoito anos, restos encontrados a oeste do Quilimanjaro, numa camada sedimentar, a cento e cinquenta metros de profundidade. Nas proximidades do crânio jaziam instrumentos de pedra e seixos com formas de utensílios variados, feitos a golpes de machados rudimentares.

Calculou-se a idade desses restos entre setecentos mil e oitocentos mil anos.

A hipótese do professor Carter, da Universidade John Hopkins, de Baltimore, segundo a qual o primeiro homem nasceu na África, parece ousada; mas o professor Carter está tão certo da sua causa que acredita na possibilidade de terem os descendentes desse primeiro homem chegado à América, em longas migrações, durante os períodos glaciários. Não é nova a suposição de que, nos tempos glaciários, o nível dos mares fosse mais baixo do que o actual, a ponto dessas enormes massas líquidas se congelarem. Talvez tivesse mesmo sido possível, em tais períodos, passar da Sibéria ao Alasca — o que ocorreu, provàvelmente, há dez mil e quatrocentos anos, isto é, na época em que, segundo Libby, começaram a povoar-se vastas regiões da América do Norte.

Se quisermos designar uma data aproximativa para a primeira aparição do Homem, podemos — até agora, bem entendido — dizer:

O Homem tem menos de um milhão de anos.

10^{15} de Terras no Cosmo

Enquanto nós conhecíamos ùnicamente o nosso sistema planetário e chegámos a considerar a Terra o centro do Universo, o homem podia julgar-se um acaso maravilhoso, ou uma obra excepcional da criação. Sabemos que existem actualmente milhões de sistemas planetários e que o nosso não é, afinal, tamanho milagre. Porque há-de ser o homem o *coroamento da criação*, se conhecemos microrganismos dotados, num ou noutro sentido, de faculdades que nos faltam, sem mencionarmos que, entre os animais superiores, numerosas espécies têm órgãos sensoriais mais apurados e de reacção mais pronta, bem como maiores possibilidades de se locomoverem do que os nossos?

Cumpre-nos, pois, contar sèriamente com muitas *Terras* no Cosmo, e com a probabilidade de nele existir vida e ser povoado, inclusive, por seres inteligentes. Contudo, para não nos perdermos em especulações erróneas, tentemos fixar o que entendemos por *Terra* ou por outro corpo celeste semelhante à Terra. Se a Terra tivesse as dimensões do nosso satélite — a Lua —, as suas forças de atracção não bastariam para solidificar um envoltório gasoso. Também não haveria água. Por outro lado, uma Terra demasiado grande exerceria tamanha força de gravitação que não teria possibilidade de executar um movimento, o que também seria inconveniente. Como *habitat* de vida, a Terra deve ter também um clima de radiação suportável. Uma radiação térmica insuficiente ou o excesso de calor poderiam impedir a vida. Se, por exemplo, a distância entre o nosso planeta e o Sol fosse o dobro do que é na realidade, o globo terrestre receberia ape-

nas um quarto da radiação solar. Finalmente, para o desenvolvimento da vida é indispensável dispor de certo tempo. Não se concebe uma formação súbita de vida coincidindo com a criação da *Terra*. Se quisermos fazer uma *avaliação* mínima de todas as *Terras* possíveis, devemos, ao mesmo tempo, excluir como portadores de vida todos os planetas do Cosmo, onde reinem condições físicas, atmosféricas e químicas diferentes das do nosso. O nosso Marte, por exemplo, seria demasiado frio (+30°–60°) para a vida que se exerce sobre a Terra, fazendo-se já abstracção da sua atmosfera irrespirável. Apesar disso, certas periódicas variações de cor da sua superfície denotam que, aparentemente, em determinados períodos, lá se formam quaisquer substâncias orgânicas. Vénus, por seu turno, tem temperaturas que oscilam entre 200 e 350° C. Provàvelmente existe água em Vénus, mas apenas sob a forma de camadas de nuvens muito elevadas.

A nossa nebulosa espiral, a Via Láctea, contém — calculando moderadamente — cerca de cem biliões de estrelas fixas, isto é, de sóis. Pascual Jordan admitiu que existam no universo dez biliões de nebulosas espirais. Se aceitarmos esses valores, estaremos admitindo que exista este número inconcebível de sóis:

$$1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{21}$$

Ora, é natural que muitas nebulosas espirais não tenham a grandeza do Sol. Logo, por precaução, reduzamos o valor ao factor 100. Dos restantes 10^{19} sóis, talvez apenas um, em cada centena, tenha um sistema planetário. Ainda assim, restam-nos 100 000 000 000 000 000 = 10^{17} sistemas planetários.

Embora atribuamos a um, em cada sistema planetário, um planeta das dimensões e demais propriedades da Terra, podemos calcular com o número seguinte de Terras, 1 000 000 000 000 000 = $^{10/15}$.

Entretanto, muitas dessas Terras ainda devem ser recentes, demasiado novas, para que a vida já se haja formado nelas. Supondo que uma ou outra dessas Terras esteja exposta a uma influência que nós não conhecemos e que não permite o desenvolvimento da vida, isso não impediria que milhões ou até biliões de astros estejam em condições análogas às do nosso planeta, na época actual. Consequentemente, neles poderia haver vida semelhante à nossa. Eventualmente, haveria outros modos de vida e de metabolismo nos outros planetas.

Exobiologia, outro ramo de ciência

O professor Joshua Lederberg, jovem e talentoso biólogo, agora lente da Escola de Medicina de Stanford, nos Estados Unidos, figura há muito entre os que acreditam firmemente que podemos contar com uma vida extraterrena, com uma *exobiologia*. Lederberg é o tipo do cientista absoluto. Em 1958 fez jus ao Prémio Nobel com as suas pesquisas no sector dos vírus e das bactérias.

«Não podemos — diz ele — construir tão simplesmente uma definição da vida, como ela pode manifestar-se em mundos possíveis. Seria leviandade excluir a possibilidade de formas estranhas de vida — talvez sem água, sem oxigénio e com temperaturas oscilando entre 100° C abaixo e 250° C acima de zero.»

Evidentemente, Lederberg inclui nessa hipótese seres vivos, de metabolismo muito diferente do nosso. Calculará achar também em alguma parte uma forma de vida em que o silício, por exemplo, ocupe o lugar preenchido entre nós pelo carbono? Em princípio não seria possível excluir uma *vida de silício*, se bem que — dada a escassa capacidade de reacção deste elemento — a evolução de semelhante vida ficasse condicionada a uma duração extremamente longa.

Joshua Lederberg já iniciou, com os seus colaboradores, os estudos preliminares para a confecção de um aparelho susceptível de ser lançado, por meio de foguetões, aos planetas Marte ou Vénus. Aportando lá acima, o aparelho desenrolaria, à maneira de língua de camaleão, uma longa antena pegajosa, e com ela coligiria areia, terra, vegetais e, eventualmente, microrganismos. Depois, por meio da televisão, transmitiria à Terra imagens microscópicas.

Mas não devemos contar, talvez, com este novíssimo desenvolvimento, enquanto não se criarem condições adequadas à pesquisa de Lederberg.

Sabemos, há mais de um século, que os meteoritos contêm, ocasionalmente, combinações orgânicas de carbono. Um meteorito de pedra caído na Hungria em 1857 continha um hidrocarboneto altamente molecular. Lembramo-nos involuntàriamente da experiência de Wilson e do meteorito por ele mencionado. Em outro meteorito encontrou-se material orgânico que, segundo a análise, constava de carbono, hidrogénio e enxofre, ao qual se dedicou a fórmula química $C_4H_{12}S_5$. Parecendo o conteúdo orgânico dum terceiro meteorito, formulou-se a suma $C_8H_9O_2$. Os valores da análise são bem altos. Não resta a menor dúvida: com métodos de pesquisa modernos e aperfeiçoados, seria possível identificar bom número de combinações orgânicas isoladas, perfeitamente definidas. As descobertas de M. Calvin, Prémio Nobel, e do seu colaborador S. Vaughan, nos Estados Unidos, já nos autorizam a ter certas esperanças de maiores resultados. Estes cientistas analisaram um meteorito de silicato de ferro e magnésio. E os resultados acusaram, sumàriamente, estes elementos e as respectivas percentagens:

Carbono	2,07	Cobre	0,5
Hidrogénio	0,9	Cromo	0,5
Azoto	0,08	Magnésio	10,1
Fósforo	0,02	Cálcio	0,5

Acrescente-se a estes, entre outros, maiores quantidades de enxofre e ferro. Eis, porém, o que é importante: conseguiu-se dissolver 30 % do hidrocarboneto presente. Eram cadeias de hidrocarboneto, da natureza da parafina, com dez a quinze átomos de carbono. É impossível não perceber a relação desta experiência com a experiência de Wilson. Nem é só isto. A análise revelou até vestígios de combinações de carbono, de forma anular e conteúdo azotado; e, se os resultados não enganam, achava-se entre eles a *citosina*, substância existente no núcleo celular do ser vivo.

Em 1808 caiu um meteorito na Nova Zelândia. Dois dias após a queda, encontraram-se dois estilhaços, pesando, em conjunto, cinco quilos. Só em 1961 eles foram submetidos a pesquisa mais meticulosa. Lavando-os com água destilada e polindo-lhes a superfície numa espessura de dois a três milímetros, para eliminar as impurezas terrestres, nada restava, seguramente, do que o meteorito podia ter absorvido em dois dias de exposição ao ar livre. Como em toda a investigação científica, usou-se do maior cuidado possível. Extraindo uma amostra do meteorito pulverizada com água, obteve-se uma substância amarelenta, correspondente a uns 2 % do material. A sua exacta decomposição química ofereceu sérias dificuldades. Apesar disso, foi possível verificar que se tratava duma verdadeira série de combinações orgânicas. Uma parte delas fluoresceu à luz ultravioleta, o que é, para os químicos, indício de uma estrutura muito complexa.

Elementos organizados

Talvez nunca cheguemos a saber donde nos vêm todos esses meteoritos. Evidentemente, lá em cima, onde eles habitam, vigoram condições nas quais podiam formar-se fases elementares de vida. Ou essas substâncias orgânicas serão restos de uma vida extinta, de metabolismo semelhante ao da nossa?

Esperemos que as hipóteses ligadas à pesquisa do meteorito neozelandês sejam confirmadas. Ninguém duvida de estarmos próximos dessa meta.

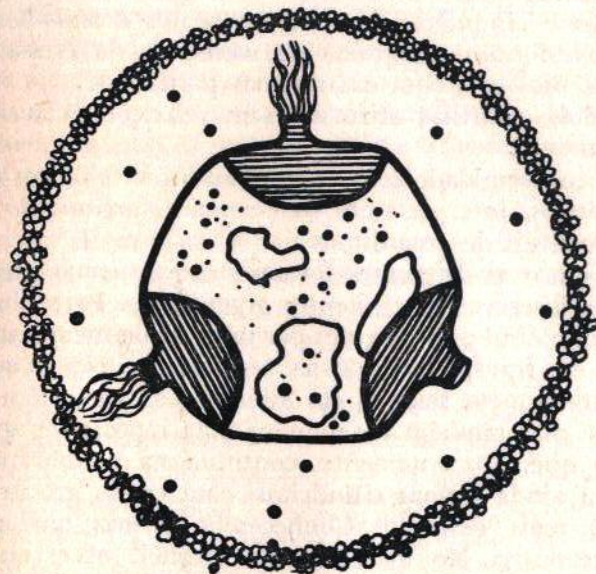
A 18 de Novembro de 1961, o periódico inglês *Nature* publicou um artigo sensacional, dos drs. George Claus, da New York University Medical Center, e Bartholomew Nagy, da Secção de Química da New Yorker Fordham University. Essa colaboração era uma comunicação científica e revelava, à primeira vista, o cuidado extremo com que fora preparada. Não continha uma palavra supérflua; toda a expressão fora meditada e ponderada. Os autores expressam agradecimentos a outros treze cientistas que lhes prestaram auxílio e dos quais receberam sugestões pelos seus trabalhos. Antes de ser publicado, o manuscrito foi submetido a seis técnicos do ramo, para comprovação crítica, entre os quais figurava o professor Urey. Dentre os cientistas cujos trabalhos foram citados, salientam-se Berzélio e Wöhler. Indubitàvelmente, os dois autores tiveram a preocupação de formular os resultados contidos na comunicação, como parte de uma contribuição para a literatura científica, que talvez se destine a entrar, a título de relatório clássico da pesquisa, na história das ciências naturais.

Já os primeiros períodos revelam a suma importância desse trabalho:

«Partículas microscópicas, semelhantes a algas, foram descobertas em quantidade relativamente elevada nos meteoritos de Orgueil e de Ivuna, nos quais se verificou a existência de certo conteúdo de carbono. Não se descobriram partículas dessa natureza em dois meteoritos comuns de pedra: o de Holbrook e o de Bruderheim.»

O meteorito de Orgueil caiu em 1864, no Sul da França. O de Ivuna despenhou-se em plena África Central, no ano de 1938. Ambos continham regular quantidade de água de origem extraterrestre, como o evidenciaram as pesquisas. Uma ténue camada superficial de esmalte impedira que o

meteorito perdesse o seu conteúdo líquido. A temperatura dessa água nunca excedeu 200° C.

Claus e Nagy tinham à disposição duas amostras do meteorito de Orgueil; uma delas fora-lhe cedida pelo Museu Americano de História Natural e a outra pelo Museu Nacio-

Organismo descoberto nas partes componentes químico-orgânicas do meteorito de Orgueil. Formas análogas de elemento organizado *ainda são desconhecidas na Terra*

nal de Washington. A amostra do meteorito de Ivuna viera igualmente do Museu de Nova Iorque.

Grânulos isolados desses meteoritos foram esmagados em água ou glicerina; os desenhos microscópicos da solução revelaram que as três amostras continham partículas cuja forma

os diferençava de todos os minerais conhecidos. Os dois cientistas deram a essas partículas a denominação de *elementos organizados*, e declaram-nos semelhantes, mas de modo algum análogos, às algas. E acrescentaram imediatamente que essas algas estão em condições de formar hidrocarbonetos comparáveis aos que já se descobriram no meteorito de Orgueil.

Um miligrama do meteorito de Orgueil continha de mil seiscentos e cinquenta a mil e setecentos desses *elementos organizados*; num miligrama do meteorito de Ivuna, havia mil seiscentos e oitenta das mesmas partículas.

Os dois cientistas afirmam, sem restrições, clara e inequìvocamente:

«De conformidade com os resultados morfológicos ópticos e cromáticos, interpretamos os *elementos organizados* como restos possíveis de organismos.»

São cinco as diferentes formas de organismos nos quais podemos inscrever os *elementos organizados*. Parte deles são pequenos glóbulos, protegidos por uma dupla membrana que, exposta em transparência à luz, assume uma cor esverdeada. Os grânulos nem sempre são esféricos; às vezes têm forma de rolos, mas também apresentam uma espécie de apêndice externo que, aparentemente, continua na membrana interior. Há ainda formas cilíndricas, com cascas grossas e um desenho mais delicado. Conhecemos formas análogas no globo terrestre. No meteorito de Orgueil observou-se, no entanto, uma formação ainda desconhecida na Terra. No centro da formação há um núcleo aparentemente hexagonal, na realidade um corpo com seis ou doze faces. Em três pontos, a superfície parece mais espessa e dali partem três anexos. Um envoltório frouxo encerra o todo. O diâmetro total tem pouco mais de três centésimos de milímetro.

Microfósseis de uma Terra desconhecida

Se a estrutura excepcional dessa forma celular já indica que não se trata de formações de origem terrestre, os cientistas aduziram acessòriamente argumentos que excluem as últimas objecções opostas à sua afirmação de serem os seus achados restos de criaturas vivas terrestres. Partem eles do raciocínio segundo o qual partículas como as que encontraram nos meteoritos de Orgueil e de Ivuna só podem formar-se onde haja água ou humidade em abundância. As amostras dos meteoritos estavam conservadas na atmosfera seca de um museu; e, antes, só poucas horas estiveram expostas às intempéries.

Importa, além disto, lembrar que o meteorito de Orgueil e o de Ivuna provêm de regiões climàticamente muito diversas; continham, no entanto, organismos da mesma natureza. O meteorito de Orgueil veio do Sul da França, isto é, de uma zona de clima temperado; o de Ivuna, que atingiu a Terra setenta e quatro anos depois, caiu numa região deserta e árida da África Central. Poderiam os dois meteoritos, durante a sua permanência no solo, absorver os mesmos organismos? A probabilidade é menos do que mínima. Os organismos terrestres, análogos a certos *elementos organizados*, aparecem só em lagos ou lagoas, nunca em terra. Acrescente-se ainda que, entre o meteorito de Orgueil e o de Ivuna existe quìmicamente grande semelhança. Justifica-se, portanto, a suposição de serem ambos fragmentos de uma formação inicialmente muito maior. Podemos admitir, com grande possibilidade de certeza, que os *elementos organizados* descobertos por Claus e Nagy sejam microfósseis próprios dos meteoritos ou corpos celestes, aos quais pertenciam. *Logo, há vida no Cosmo, fora da nossa Terra!*

Por mais incrível que pareça, trata-se neste caso de uma

vida correspondente, em alto grau, à vida terrestre e ao metabolismo inerente a esta.

Contudo, já não temos o direito de excluir a possibilidade de existir nas altitudes do Cosmo uma vida superior. O homem, como o vemos na Terra, representa certa fase de evolução. Talvez existam *Terras* que, mais antigas de que a nossa, também ofereçam melhores possibilidades de vida e hospedem um tipo de *Homem* mais evoluído.

Outras formas de vida?

Seria interessante averiguar que aspecto apresentaria uma vida de desenvolvimento superior ao da nossa num astro habitado, semelhante ao nosso globo, porém mais antigo do que ele. A literatura de ficção científica, à qual, nos Estados Unidos, prestaram a sua contribuição cientistas sérios — sob pseudónimo —, já se apossou deste tema. Em geral, a tendência é para o cepticismo, senão para rejeitar absolutamente o que se narrou a tal respeito. Entretanto, essa descrença só se justifica em certa medida.

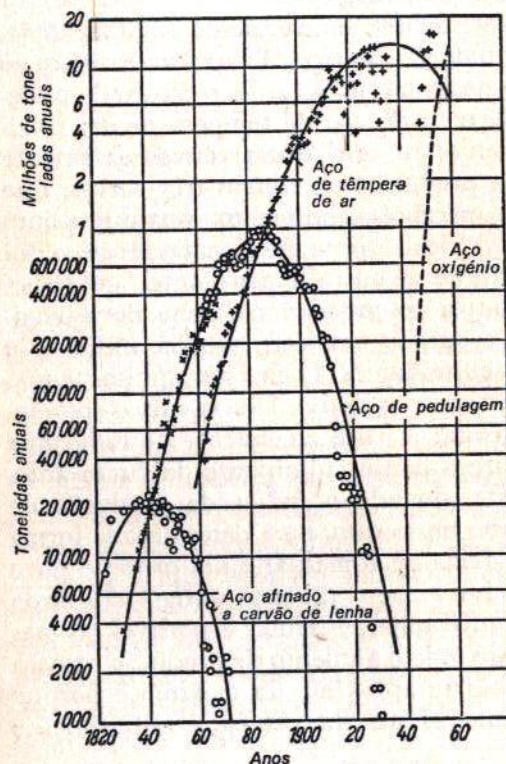
Nenhum de nós pode dizer hoje exactamente o que acontecerá dentro de dez, vinte ou cinquenta anos. Em tão breve lapso de tempo ocorrem simultâneamente muitos desenvolvimentos de ordem secundária, especiais ou acessórios, que não podem ser incluídos e interpretados com rigor numa simples vista de olhos ao futuro. Quem quiser aventurar-se a uma predição, só o pode fazer ascendendo em primeiro lugar às evoluções conhecidas do passado e tentando adaptá-las à sua visão do porvir. Só dispondo de copioso material garantido é possível o que se poderia denominar *pesquisa em grosso*. As bases de semelhantes considerações são simples. Sabe-se, por exemplo, que um processo industrial começa a princípio em pequenas proporções; mas, quando estiver provado e acreditado, a produção aumenta, enquanto não sobrevier a concorrência de um processo novo.

Um cidadão de Dusseldórfia, Karl Daeves, que se dedicou à aplicação da pesquisa em grande escala no sector técnico-industrial, divulgou um exemplo padrão da possibilidade de realçar as tendências evolutivas:

Na Renânia e na Vestefália, houve, desde 1820 até hoje, quatro métodos de produção de aço. Primeiramente, o do ferro afinado a carvão de lenha; mais tarde, o do aço de pudelagem; em terceiro lugar, o do aço de têmpera de ar; finalmente, o do aço-oxigénio; se colocarmos convenientemente os dados numéricos da produção, obteremos três curvas, que são indubitàvelmente parábolas: aumento vertical, ponto culminante, declínio vertical. Nesta fase, cada processo foi suplantado pela introdução de outro método novo, ampliado, melhor. Na curva relativa ao processo moderno do aço-oxigénio, vemos apenas a subida vertical; não há indício de desvio para o ponto culminante. Logo, por muito tempo ainda temperaremos aço com oxigénio. Dessas curvas, porém, ainda se deduz outra coisa: a haste ascendente de cada uma corta quase exactamente o ponto culminante da curva anterior. Consequentemente, quando o índice da produção de um processo antigo — no nosso caso, uma determinada forma de produção de aço — deixa de aumentar e um processo novo pràticamente logo produz mais, o processo antigo não tarda a ser abandonado definitivamente. Ainda é possível ler nas curvas outra previsão: quando o aumento de produção começa a reduzir-se e a parábola se aproxima do máximo é porque houve um desenvolvimento ou um invento radicalmente novos.

Acontecimentos excepcionais, como por exemplo as guerras, podem dentear a linha vertical em sentido ascendente ou descendente. Mas a forma total não muda.

Poderá sobrepor-se a cada parábola isolada uma super-parábola? É o que ocorre perguntar. Se dispuséssemos de

maior quantidade de material, talvez pudéssemos dizer para onde vai a produção global de aço, se o aço for ainda por muito tempo o metal da humanidade, ou se perderá em breve a sua grande importância. O certo é que actualmente os materiais sintéticos são um concorrente. Podem-se indicar linhas

Desenvolvimento da produção de aço na Renânia e na Vestefália, em cento e cinquenta anos, por meio de três processos diferentes de fabrico

análogas de desenvolvimento para determinados sectores científicos.

Consideremos a influência da química na nossa alimentação, no nosso vestuário, em suma nas nossas necessidades

de cada dia. A princípio, o Homem serviu-se de todos os materiais conforme os encontrou. Depois, apurando o seu senso de selecção, descobriu que não havia necessidade de proceder assim; por exemplo, chupar cana de açúcar podendo-se obter dela açúcar puro. O homem começou a isolar as substâncias que o interessavam. Criou dessa maneira uma larga visão de possibilidades de variação. Essa fragmentação, de acordo com os desejos e as necessidades, ainda não terminou absolutamente. Não nos limitamos, aliás, a isolar apenas os produtos e as substâncias que nos são gratas; estamos a caminho de criar substâncias novas. Hoje servem-nos para este fim, como matérias iniciais, em medida ampla, produtos naturais, porque encontramos neles copioso material de construção aproveitável. Mas, à medida que aumentam as nossas exigências, diminuem as substâncias iniciais quase prontas. Cumpre-nos, pois, criar de princípio a fim o que desejamos ter; voltamos assim, na técnica, às matérias orgânicas das quais se originou outrora a vida: ao amoníaco, ao metano, à água e à atmosfera.

Esta fase de desenvolvimento já principia a manifestar-se. Extraímos amoníaco, aos milhares e milhares de toneladas, de azoto do ar. A maior parte desse amoníaco é preparado para adubo e nós ainda o aproveitamos indirectamente, por meio de vegetais e animais. Mas quanto tempo durará isto? Chegará ao extremo de ser, um dia, luxo dispendioso alimentar-se de produtos naturais? A química contribuirá cada vez mais para a nossa nutrição e o nosso vestuário. Mas isto será um desenvolvimento absolutamente natural. O homem das cavernas da idade da pedra, que a custo esmagava com os dentes alguns grãos de cereais, vivia — para a sua época — uma vida certamente óptima e moderna. A duração média da sua vida era lamentàvelmente baixa. Presentemente, não somos naturalistas e certo apóstolo do nutricionismo pretenderia fazer-nos reverter aos usos alimentícios dos antepassados. Esquece que, na nossa época, estamos sujeitos a outras

condições. A média da duração da nossa vida elevou-se; e isto deveria provar concludentemente a excelência do nosso tão difamado modo de vida *não natural*. O que é actual é natural. Um modo de vida que destoe do seu tempo não é natural; gera dificuldades, desgaste prematuro e, consequentemente, morte prematura. Se encararmos as coisas sob este aspecto, em largas proporções, é possível fazer previsões para um futuro próximo.

Ainda assim, tais tentativas de extraposição, com respeito a futuros progressos do mundo, a origem de novas espécies e formas são vãs na época actual. Não dispomos de conhecimentos suficientes da evolução até ao presente. Se isto se dá em relação ao globo terrestre, ocorre naturalmente em medida muito mais ampla no que concerne aos demais astros.

Embora conhecêssemos em todos os pormenores um planeta semelhante à Terra e às suas épocas passadas, não poderíamos predizer quanto tempo seria necessário para nele se desenvolverem formas de vida primitivas. E, ainda que ele já possuísse vida primitiva, carecemos de qualquer possibilidade de comparação para antever que outros organismos vegetais ou animais lhe sucederiam. Para nós, as condições cósmicas aparentes são demasiado multiformes e complexas. Assim como não estamos aptos para predizer exactamente factos futuros que possam ocorrer dentro de breve lapso de tempo, muito menos o estamos para podermos fazer previsões relativas a eras cósmicas.

Desde que se nos deparam *elementos organizados*, como os que os meteoritos de Orgueil e de Ivuna trouxeram à Terra, cumpre-nos reconhecer que existem no Universo formas de vida análogas às da Terra. Todavia, nada podemos dizer com segurança sobre o aspecto das citadas formas de vida na *Terra* de onde são originárias; nem acerca de outros seres vivos que eventualmente lá possam existir. Previsões caracterizadas pelo grau de verosimilhança que evidenciam

as hipóteses de pesquisas *em grosso*, nós não as podemos formular.

Entretanto... um modo de ver ou, quem sabe?, uma lei da natureza, permite-nos pensar que teríamos uma linha directriz para fazer considerações sobre o futuro: a crença na simetria de objectos e processos, no milagre do Universo e da sua disposição geométrica.

CAPÍTULO VIII

A CAMINHO DO SÉTIMO DIA DA CRIAÇÃO

O PRINCÍPIO DA SIMETRIA NO UNIVERSO — A CRIAÇÃO AINDA NÃO TERMINOU — EXPLICAÇÃO DE ALGUNS CONCEITOS FÍSICOS E QUÍMICOS

Certos ambientes estão hoje convencidos de que o fim do nosso período geológico significará também o ocaso da Terra. E sustentam a sua opinião. Esta suposição temerária não encontra nenhum ponto de apoio nas ciências naturais. Tanto menos é possível predizer exactamente quando despontará para o nosso planeta uma nova era. Não temos o mínimo fundamento para fazer a hipótese arbitrária de que um ser vivo da nossa espécie ainda venha a testemunhar semelhante catástrofe. Os pessimistas são de parecer que, um dia, a humanidade se exterminará a si própria — talvez com bombas atómicas. É de duvidar, no entanto, que semelhante acto de violência extinguisse totalmente a espécie humana na natureza. Evidentemente, a descoberta da energia nuclear foi um facto que em toda a parte se atravessou no caminho da humanidade. É, portanto, absolutamente natural. Porque deveria o homem extinguir-se, em razão desse facto? Pode-se objectar que o Homem teria imediatamente nas mãos, contra a bomba atómica, uma arma eficientíssima,

isto é, um ataque à técnica. Mas, para aceitarmos esse raciocínio, seria preciso provar primeiramente que um acordo entre os beligerantes não faria parte do ciclo normal do desenvolvimento.

Mais natural seria a extinção do Homem pela superveniência de um fenómeno da natureza. No caso, por exemplo, de ser fundamentada a tese do pesquisador soviético, segundo a qual os sáurios sucumbiram devido a alterações climáticas, provocadas pelo aparecimento de Novas nas proximidades do Sol, deveríamos calcular que o Homem também, como ser longevo, não está aparelhado para semelhante mudança das suas condições de vida.

Finalmente, não devemos esquecer que, na multiformidade de animais e vegetais, com os quais coabitamos, subsiste uma ordem inegàvelmente filantrópica — de certo modo *edénica.* Nós não podemos viver sem o auxílio deles. Digamos que o animal se assemelha a nós e por isso é *comestível.* Fornece ao nosso organismo material adequado. Isto, aliás, não é tão extraordinário, porquanto o nosso ambiente evolui connosco. Ou, noutros termos, toda a vida que conhecemos funda-se, em última análise, em condições prévias iguais; e, em condições iguais, devem originar-se produtos afins. As diferentes variedades animais compreendidas neste exemplo têm, no entanto, limites diversos de condições de vida. Uma alteração que talvez mal afectasse o homem poderia, em certas circunstâncias, exterminar os seus co-existentes vivos. Daí seria possível originar-se uma situação difícil de remediar por meio de processos regulares naturais, a ponto de provocar uma reacção em cadeia inconveniente.

O princípio da simetria no Universo

Muito do que expusemos nos capítulos precedentes parece razoável e lógico. O resto não passa, por ora, de hipótese em estudo, para ser aprovada e elaborada — ou rejeitada definitivamente.

Os cientistas jamais defenderam teses tão avançadas como as actuais. Procuram montar, com factos isolados, um modelo elucidativo do Cosmo. Justamente isto nunca se faz sem hipóteses não provadas, motivo por que se esboçam de contínuo modelos novos. Qual deles se deve preferir, é muitas vezes questão de consideração pessoal. O famoso físico nuclear Niels Bohr assim o exprimiu certa vez: «Entender uma teoria é habituar-se a ela.»

Há resultados que não nos tornam cépticos só a nós, afeitos às concepções actuais; causam apreensões aos próprios físicos ou astrónomos, acostumados já a lidar com as dimensões colossais de hoje. Um desses resultados foi talvez a nebulosa espiral cósmica, fixada primeiro astronòmicamente, e mais tarde em fotografia, distante de nós — segundo as leis de Hubble — seis biliões de anos-luz. Admitindo-se que este valor seja certo, ele significa que a nebulosa espiral estava, no lugar onde foi captada, seis biliões de anos atrás. Agora, deve achar-se muito mais longe de nós.

Se considerarmos — por mais que seja inconcebível — que a nossa Via Láctea se desloca *momentâneamente* para a periferia oposta do Cosmo, obtemos como resultado final, para o percurso do diâmetro do Universo, o valor de quinze ou mais biliões de anos-luz. Talvez conseguíssemos entender melhor estas proporções se soubéssemos mais acerca de como variam as unidades da luz (fotões) na travessia do campo de gravitação.

Ao formarmos a nossa imagem pessoal do Cosmo, devemos partir do princípio de que, nos factos cósmicos, a nossa importância é insignificante. Para podermos obter uma concepção objectiva, cumpre-nos renunciar a qualquer preferência pessoal. Em certa entrevista, o Prémio Nobel Emílio Segré delineou a situação com agudeza extrema: «O princípio de simetria exige que, em portadores iguais de matéria e de antimatéria existentes no Universo, as partículas de matéria presentes no primeiro sejam em número igual às antipartículas presentes no segundo. Algumas nebulosas espirais, visíveis nas lonjuras do espaço cósmico, são, provàvelmente, antinebulosas com antiastros, em redor dos quais gravitam antiplanetas. Enquanto você e eu estamos aqui sentados, a conversar, há nalguma parte um antivocê, escrevendo com um antilápis, e um antieu entretendo-se a brincar com um anticorta-papel.»

Não se veja nesta declaração de Emílio Segré apenas a opinião do químico. Ela esconde mais: a crença em que os dois universos idênticos estejam subordinados às mesmas leis da natureza, e estas leis sejam a causa absoluta de desenvolvimentos paralelos. Assim como o nosso, o outro Cosmo terá o seu sistema solar e, nele, uma *Terra* como a nossa. Essa *Terra* apresenta a mesma forma geológica que o nosso globo; e o princípio de simetria, como o enunciou Segré, exige acontecimentos cronològicamente iguais.

A criação ainda não terminou

À vista de tais teorias, os propósitos e planos de estabelecer, mediante aparelhos radioastronómicos, uma radiocomunicação com seres inteligentes de outros planetas, fora do nosso sistema solar, recebem resposta directa. Tais ideias, como as desenvolveu outro Prémio Nobel, o físico nuclear Edward M. Purcell, da Universidade de Harvard, provam-se tècnicamente, sem dificuldade. Já se realizaram, embora sem resultado, as primeiras experiências. Segundo Purcell, no caso de

existirem num corpo cósmico, análogo ao nosso planeta, distante de nós 10,8 anos-luz, seres inteligentes, estes já deveriam estar equipados para registar certos rádio-sinais. Se nos respondessem, talvez nos fosse possível captar-lhes o código dentro de breve prazo.

Então careceria absolutamente de importância podermos reconhecer determinado ritmo dos rádio-sinais, ou termos a possibilidade de entender-nos, isto é, de permutar experiências e ideias. Já a confirmação da hipótese de haver na amplidão do Universo criaturas aptas para produzir aparelhos técnicos e procurar, à nossa semelhança, estabelecer contactos através da vastidão do Cosmo, significaria uma revolução da nossa cosmogonia. *Nunca nos seria possível estar em contacto directo com criaturas siderais. Uma ameaça recíproca pertence absolutamente ao domínio da fantasia.* Nenhuma espécie de libertação de energia, sem excepção de um combustível que fosse composto de matéria e antimatéria em partes iguais, poderia abastecer uma nave espacial com a energia necessária para alcançar o sector do Cosmo onde deveríamos encontrar primeiro vida semelhante à nossa. O que, na melhor das hipóteses, poderíamos ver dessa vida seria uma espécie de imagem de televisão. Mas que sabemos realmente e que poderíamos conjecturar acerca de civilizações que talvez nos levem vantagem em milhões de anos de desenvolvimento? Não deixa de ser interessante para eles o que se passa entre nós? É possível que hajam desistido, há muito, de observar o que ocorre na Terra.

Harold C. Urey pronunciou-se, recentemente, nestes termos:

«Admito a possibilidade de seres vivos racionais terem emitidos sinais, de outros astros ou planetas, na nossa direcção. E chegaram simplesmente à conclusão de que *não havia ninguém em casa*. Consequentemente, desistiram de escutar e emitir.»

Procurar contacto com outros planetas requer muita pa-

ciência. Talvez tenhamos de esperar decénios, séculos, senão milénios. Mesmo assim, se chegássemos um dia a estabelecer contacto, por meio de perguntas e respostas, a geração que formulasse uma pergunta, através da imensidade do espaço cósmico, teria de se compenetrar de que só a geração seguinte, ou até a que lhe sucedesse, poderia contar com uma resposta.

Uma concepção incrível, fantástica? Nem tanto assim. Em todo o caso, menos incríveis do que pareceram as teorias de Kepler e de Copérnico aos seus contemporâneos. Naquela época, o espaço interplanetário era considerado imenso e vazio. Sabemos agora que ele não é absolutamente vazio e, sim, preenchido por enormes campos de força eléctricos e magnéticos, por meteoros, poeira cósmica e outras matérias. Mencionemos, em relação à magnetosfera, a cintura de radiação de Van Allen, cuja pesquisa ainda continua. Na mesma medida em que vamos *sondando* o Universo, tornou-se possível estabelecer novas relações, desenvolver e submeter à experiência novas teorias. Se alguma coisa sofreu alterações, a mudança resume-se no facto de poderem os cientistas expor franca e desassombradamente as suas ideias, porquanto já não receiam acabar por isso, como herejes, na fogueira. Não se trata, no seu caso, nem de sede de sensação, nem de especulação barata. Os homens de ciência reconhecem que o Cosmo ainda reserva muitas surpresas.

Ao mesmo tempo que ampliam tanto os limites das hipóteses científicas, é uma espécie de prudência que os induz a exprimirem-se, como o fez recentemente Sidney W. Fox, num ensaio sobre a origem da vida:

«É uma ideia natural a presunção de que a vida possa começar *agora*. Embora só possamos dizer com segurança que a vida pelo menos começou um dia, há no entanto razões crescentes para crer que a vida pode, e deve até, originar-se muitas vezes e em muitos lugares. Os vegetais que nascem em muitas fontes termais e a teoria de evolução paralela coin-

cidem com a citada suposição. Abrem a possibilidade de não estarmos a dar pela formação de nova vida, porque esta assume tantas formas primitivas, não desenvolvidas, que já existiram. Naturalmente, não há a certeza de que agora a vida esteja começando na Terra. Hoje, porém, temos menos motivos do que antes, para excluir esta possibilidade.»

Neste ponto se inclui a ideia de que toda a forma de existência de espécie vegetal ou animal, à qual costumamos chamar *vida*, é uma forma de transição e não a fase final da série de desenvolvimento.

Em 1924, o eminente cientista soviético Alexander Ivanovitch Oparin abalançou-se a comunicar algumas teorias sobre a origem da vida na Terra. Muito do que pressupunha, então, foi entrementes comprovado e julgado exacto. Todavia, só agora, com a crescente e inquietante expansão das ciências naturais, Oparin e as suas teorias penetraram também no mundo ocidental. Actualmente, ouvindo-se o seu nome em qualquer conversação de cientistas, sabe-se imediatamente do que se trata: da origem da vida na Terra. Só a raros pesquisadores é dado ligar tão sòlidamente o seu nome a um grandioso sector de pesquisa. Oparin julga, desde já, tão seguras as questões básicas da formação da vida terrestre que se aventurou a dar o segundo passo. Ele próprio o diz:

«Como na formação da vida os primeiros sistemas se extinguiram sem dúvida por selecção natural, logo nas primeiras fases de desenvolvimento da vida, e não puderam conservar-se até aos nossos dias em condições naturais, para chegarmos a conclusões relativas aos presumíveis processos de evolução cumpre-nos decompor sistemas sintéticos gradualmente mais e mais complexos ou estruturas de protoplasma preparadas até determinado grau, pesquisando os fragmentos assim conseguidos.»

Eis o programa da pesquisa de Oparin.

Mas quão digno de admiração continua a ser o grandioso monumento espiritual que se nos depara sob a forma do

Génesis! É o Universo de um homem que ainda se julgava centro da Terra. Cosmo e esfera terrestre, luz e trevas, terra e água, todos estes elementos subordinam-se racionalmente um ao outro. Hoje, dispondo como dispomos de novos conhecimentos, mudaríamos acaso o essencial, se tivéssemos de esboçar outra imagem do Universo?

Se quiséssemos completar alguma coisa, bastaria então compenetrarmo-nos disto: o Universo é maior; a Terra e o Homem são minúcias insignificantes; a nova imagem deveria caracterizar-se por mais humildade, mais modéstia e mais gratidão ao Criador, que nos deixa entrever, mais e mais, a grandeza de sua obra; a criação ainda não terminou, amplia-se, ao contrário, dia a dia.

«Só um louco varrido — escreveu há quase quatro séculos o pensador italiano Giordano Bruno, que também se antecipou ao seu tempo e teve de expiar este pecado —, só um insensato pode opinar que, no espaço infinito, em mundos gigantescos, a maioria dos quais tem certamente melhor sorte do que nós, exista apenas a luz que deles haurimos. É francamente ridículo presumir que não haja outros seres vivos, outras faculdades intelectuais, outros sentidos além dos que conhecemos.»

EXPLICAÇÃO DE ALGUNS CONCEITOS FÍSICOS E QUÍMICOS

AMINOÁCIDOS — Combinações químicas. Contém um grupo de aminos ($-NH_2$) e um grupo de ácidos ($-COOH$). O grupo NH_2 possibilita reacções ácidas básicas ao grupo $COOH$. Os aminoácidos são matéria cristalizável, sólida, incolor, fàcilmente solúvel na água. Material de construção de péptido.

ANÁLISE ESPECTRAL — Atirando às chamas determinados materiais, as labaredas adquirem certas colorações. Um processo adoptado, há séculos, nos fogos de artifício, para produzir luz vermelha, verde, amarela, etc. Se nas chamas estiverem presentes vários materiais, veremos uma mescla equivalente de coloridos. Com um prisma de vidro, pode-se decompor a luz em cores isoladas (espectro) e ler depois, com a máxima exactidão, que espécies e doses de substâncias corantes compunham a chama. Eis a análise espectral. Pode-se assim averiguar que substâncias ardem na luz do Sol e de numerosos astros.

AURORA POLAR — Fenómeno luminoso que se produz a altitudes que variam entre cem e mil quilómetros, observado acidentalmente nas altas latitudes dos hemisférios boreal e austral. É, muitas vezes, uma luz serena, mas em outras, são faixas e radiações cambiantes. A causa das auroras polares está no choque de electrões com átomos de oxigénio e azoto

e as consequentes transformações de energia. A acção do campo magnético terrestre impele para os pólos os electrões que descem do Cosmo à Terra. Daí, o facto de estar esse fenómeno limitado às zonas polares.

BACTÉRIAS — São, na maior parte, organismos microscópicos, unicelulares, curvos, esféricos ou em forma de bastonetes, causadores de moléstias, fermentações e decomposição. As bactérias não contêm clorofila. Extraem a energia necessária à vida da decomposição de combinações orgânicas (nitritobactérias, nitratobactérias, bactérias do enxofre). Figuram entre elas espécies que podem viver sem oxigénio; outras têm a propriedade de formar ligas com o azoto do ar. O bacilo *calfactor* pode provocar no feno húmido, mediante permuta orgânica, temperaturas de 60° C! Muitas espécies, encontrando-se em condições de vida desfavoráveis, formam *esporos*, que lhes permitem sobreviver à estiagem e a uma temperatura superior a 140° e inferior a 200° C abaixo de zero.

CICLOTRÃO — Aparelho acelerador para imprimir altas velocidades a partículas elementares, elèctricamente carregadas. Durante a aceleração, as partículas são mantidas numa órbita circular (cíclica) por forças magnéticas de grande intensidade. Por meio do ciclotrão ou dos seus desenvolvimentos ulteriores (sincrociclotrão, cosmotrão, bevatrão, etc.), os físicos atómicos obtiveram resultados importantes, relativos a mais de vinte partículas elementares. Um dos maiores ciclotrões é o sincrotrão de protões do C.E.R.N. (Instituto Europeu de Pesquisa Atómica), instalado nos arredores de Genebra, cuja órbita de aceleração mede duzentos metros de diâmetro.

CLOROFILA — Matéria corante verde, encontrada em todo o vegetal de organização superior. Tem afinidade química com a matéria corante vermelha do sangue. Contém magnésio, em vez do ferro existente na hemoglobina.

COMETAS — Corpos celestes que se movem no sistema solar, em órbitas elipsoidais frequentemente muito amplas. Todas as vezes que se aproximam do Sol, desenvolvem uma cauda luminosa de massas de gás, quase sempre divergente daquele astro. As caudas cometárias chegam a ter milhões de quilómetros de comprimento. A cabeça do cometa é pequena (tem alguns quilómetros), e é formada de matéria congelada. Descobrem-se anualmente novos cometas. O mais notório é o de Halley, cuja trajectória foi calculada pelo astrónomo inglês Edmund Halley (1656-1724). Ainda hoje continuam as controvérsias em torno da hipótese de serem originàriamente os cometas e os planetóides partes integrantes de um planeta situado nas regiões onde estão hoje os planetóides. A desintegração de cometas foi observada no cometa de Biela, que, em 1846, se cindiu em duas partes, avistadas mais tarde em posições separadas a uma distância de, pelo menos, dois milhões de quilómetros. Esse fenómeno pode ter originado quedas de meteoros ocorridas em épocas ulteriores.

CRISTAIS — Corpos sólidos, cujos átomos ou moléculas se apresentam em disposição tìpicamente geométrica. As faces dos cristais formam determinados ângulos. Outra forma da regularidade dos cristais é a repetição de planos equivalentes (simetria). Distinguem-se seis sistemas de cristais. Nos chamados sistemas regulares, a forma mais simples é o cubo. O carbono é um exemplo de como pode ser essencial a estrutura cristalina de certos materiais. O diamante e a grafite diferenciam-se apenas pela forma da disposição dos seus respectivos átomos de carbono.

ENZIMAS — Substâncias que podem provocar nas células as transformações mais específicas. Em geral, consistem nos seus próprios grupos de acção (co-enzimas) e num corpo albuminóide de estrutura muito complexa. Separadas, as duas partes componentes ficam sem efeito. As enzimas também são chamadas *fermentos* ou *biocatalisadores*.

ERG — Unidade de medida do trabalho físico. (1 ERG = = 1 DYN.) Um ERG de trabalho é pouco mais do que o trabalho necessário para levantar um grama de peso a uma altura equivalente a um centésimo de milímetro. Subindo de um a outro andar, o homem realiza um trabalho equivalente a trinta biliões de ERGS.

FLUORESCÊNCIA — Coloração luminosa de substâncias, pela exposição à luz (por exemplo: luz ultravioleta, ou raios Röntgen). A cor da luz fluorescente depende da matéria exposta à radiação e é, em geral, de ondas mais longas (mais pobre de energia) do que as da luz irradiante (Lei de Stokes). As cores fluorescentes são presentemente muito empregadas em cartazes luminosos.

GRAVITAÇÃO — Força com que duas massas se atraem recìprocamente. A Lua e a Terra, ou o Homem e a Terra. (Gravidade.) A intensidade da força de atracção depende da massa dos dois corpos interessados, da sua distância e das chamadas constantes de gravitação.

HEMOGLOBINA — Matéria corante vermelha. Consta da matéria orgânica ferrosa vermelha *hemo* e da matéria albuminóide globina. Em 1961, averiguou-se que na estrutura da globina entram cento e quarenta e um aminoácidos.

HORMÓNIOS ou HORMONAS — Substâncias orgânicas activas que, formadas no ser vivo, já em doses mínimas exercem funções reguladoras. Os hormónios conhecidos são a insulina, a adrenalina e os hormónios sexuais. Muitas vezes os hormónios actuam recìprocamente e permitem os comandos mais difíceis do organismo vivo; por exemplo: o metabolismo.

ISÓTOPOS — Denominação dada pelo inglês Frederick Soddy (1877-1956) aos átomos de um elemento químico, os quais diferem no peso e noutras propriedades físicas, mas quìmicamente são da mesma natureza.

MAGMA — Fusão mineral, com teor gasoso, em ebulição na crosta terrestre. Trazido à superfície por erupções vulcânicas, solidifica-se em lava, rocha salpicada de bolhas, e é de um brilho vítreo.

MEMBRANAS, PELÍCULAS, FOLHAS — Podem ser das matérias mais variadas. Nas funções vitais, têm importância especial as membranas nas quais certas substâncias só penetram numa direcção (membranas semipermeáveis), de modo que as substâncias se concentrem num dos lados da película. Do esclarecimento dos processos de transporte às proximidades e no interior da membrana é de esperar que resultem conhecimentos técnicos e científicos decisivos.

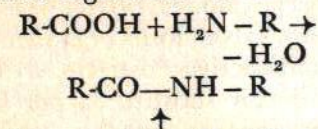
METEORITOS — Denominação aplicada aos meteoros que voam no Cosmo, quando atingem a Terra. São na sua maioria pequenos fragmentos de matéria que esfriam ao entrar na atmosfera terrestre (bólides astrais), muitas vezes formam micrometeoritos e só raramente grandes aerólitos. Pelo que se sabe, eles movem-se no sistema solar, em órbitas de cometas e planetas. Conforme a sua composição, dividem-se em meteoritos de ferro e meteoritos de pedra.

MODELO ATÓMICO DE BOHR — Niels Bohr, físico dinamarquês, nascido em 7 de Outubro de 1855, recebeu o Prémio Nobel de Física em 1922. Desenvolveu uma concepção da estrutura do átomo, válida ainda hoje: em torno de um núcleo atómico giram em determinadas órbitas, dispostos em grupos, electrões em número correspondente à carga do núcleo. O modelo atómico de Bohr suscitou numerosas experiências; obtiveram-se resultados complexos, a ponto de já não ser possível uma explicação intuitiva.

OXIDAÇÃO — Em geral, uma combustão, isto é, absorção de oxigénio. Mas também se entende por oxidação uma redução do teor de hidrogénio de uma composição. Na química actual, define-se como oxidação toda a composição na qual se subtraem electrões de uma substância.

PARTÍCULAS ELEMENTARES — Encontradas na desintegração física de átomos. Descobertas mais tarde na alta radiação cósmica. Também são produzidas artificialmente. Principais partículas elementares da estrutura atómica: protões, neutrões, electrões.

PÉPTIDO — Liga de aminoácidos. Dois aminoácidos ligados recìprocamente por eliminação da água formam um bipéptido. Longas cadeias de aminoácidos formam polipéptidos. A liga de péptidos tem característica tìpicamente química, da qual damos seguidamente um exemplo:

$$\text{R-COOH} + \text{H}_2\text{N} - \text{R} \rightarrow$$
$$- \text{H}_2\text{O}$$
$$\text{R-CO—NH} - \text{R}$$
$$\uparrow$$

Liga péptica composta de dois aminoácidos

PLÂNCTON — Reino animal e vegetal aquático, estimulado pelo escasso ou nenhum movimento próprio das correntes marinhas. O plâncton é o alimento básico de muitos seres vivos do mar. Compõe-se de algas, crustáceos minúsculos, etc.

PLANETAS — Astros móveis do Sol: 1, MERCÚRIO (pequeno, próximo do Sol, com temperaturas até 400° C.); 2, VÉNUS (quase das dimensões da Terra; a atmosfera, impenetrável, não permite distinguir pormenores da superfície); 3, TERRA; 4, MARTE (atmosfera rarefeita, provàvelmente com vestígios de vapor de água e oxigénio; distinguem-se zonas alternadamente claras e escuras. Acaso faixas de vegetação?); 5, JÚPITER (o maior planeta do Sol. Cerca de mil e trezentas vezes o volume da Terra, mas apenas trezentas vezes a massa da Terra, em razão do seu material especìficamente mais leve. Faixas claras e escuras. Correntes atmosféricas? A causa das *manchas vermelhas*, observadas pela primeira vez em

1878, permanece até hoje ignorada. Atmosfera de Júpiter: hidrogénio, amoníaco, metano); 6, SATURNO (semelhante a Júpiter; particularmente notório pelo anel que o cinge à altura do equador); 7, ÚRANO (análogo a Júpiter e Saturno, porém menor); 8, NEPTUNO (análogo a Úrano); 9, PLUTÃO (muito pequeno, o mais distante planeta do Sol. Pouco se sabe a seu respeito).

PROCESSOS DE MARCAÇÃO DE ISÓTOPOS — É possível diferenciar combinações químicas adicionando à combinação isótopos radioactivos desintegráveis (a), ou acrescentando-lhe isótopos estáveis (b): *a*) Se, numa amostra de água, uma parte dos átomos de hidrogénio for substituída por hidrogénio superpesado (H_3) (trício), os restos dessa água devem ser procurados talvez num organismo animal, baseando-se na radiação radioactiva do trício. *b*) Se uma parte dos átomos de hidrogénio for substituída por hidrogénio pesado (deutério) (D_2), reconhece-se imediatamente essa água com o emprego de uma disposição de medidas adequadas (espectrómetro de massas), pelo que é possível controlar a sua permanência no organismo.

PROTEÍDEOS — Substâncias semelhantes à proteína.

PROTEÍNAS — Substâncias albuminóides que, decompostas com ácidos ou enzimas dissociadores de albumina, dão uma mistura de aminoácidos.

PROTOPLASMA — Substância que constitui o corpo da célula viva e que contém geralmente uma parte diferenciada, o núcleo. O protoplasma aparece constituído por uma substância homogénea, por granulações, por uma matéria espumosa, ou, finalmente, por uma substância filamentosa, a formar uma rede. Do ponto de vista químico, o protoplasma é constituído por nucleoalbuminas e globulinas, além de poder conter diversas matérias de reserva, matérias minerais, etc., reagindo em presença dos excitantes, quí-

micos e físicos. O protoplasma pode ainda emitir pseudópodes e sofrer atracções e repulsões.

PROVETA — Numa proveta de paredes delgadas, cheia de gás, mas em cujo interior se fez quase o vácuo, introduz-se um fio. Entre o fio e a proveta estabelece-se uma alta tensão eléctrica. Se então um electrão ou um raio gama atravessar a proveta, entre esta e o fio produz-se uma breve descarga eléctica registável. Descoberta dos físicos alemães Hans Geiger (1882-1945) e Walter Müller (nascido em 1905). Existem provetas de poucos milímetros de diâmetro e de mais de um metro de comprimento. Já se encontram no comércio provetas de várias espécies.

RADIAÇÃO CÓSMICA ou ULTRA-RADIAÇÃO — Uma radiação, consistindo, na sua maior parte, em protões, descoberta já em 1910. Mas ainda não lhe apuramos definitivamente a origem no Cosmo. Provoca nas camadas superiores da nossa atmosfera reacções em cadeia, cujas consequências projectam na superfície terrestre energias poderosas como as que podemos obter artificialmente com a aceleração de partículas (ciclotrões). Partes da radiação secundária podem varar camadas rochosas de cem metros de espessura.

REDUÇÃO — Definia, a princípio, em química, a abstracção do oxigénio de uma liga. Numa liga de metal e oxigénio, por exemplo, a redução do metal dava óxido metálico. Presentemente, em termos gerais: processo químico, no qual se acrescentam electrões a um átomo. O contrário de *oxidação*.

SEDIMENTOS — Todas as rochas se decompõem lentamente. Os resíduos dessa decomposição, arrastados pela água, pelo gelo e pelo vento depositam-se noutra parte (sedimentam-se). A estratificação aumenta periòdicamente; por exemplo: de ano a ano. Daí, as formações em camadas, observadas nas rochas sedimentares: arenito, xisto argiloso.

ÍNDICE

CAPÍTULO V

CAPÍTULO VI

Parte III

A ÁGUA ACUMULOU-SE SOB O CÉU EM LUGARES ESPECIAIS PARA QUE SOBRESSAÍSSE A TERRA ENXUTA

CAPÍTULO I

CAPÍTULO II

CAPÍTULO III

CAPÍTULO IV

CAPÍTULO V

Parte IV

A TERRA PRODUZIU ANIMAIS VIVOS, CADA QUAL SEGUNDO A SUA ESPÉCIE

CAPÍTULO I

CAPÍTULO II

CAPÍTULO III

CAPÍTULO IV

CAPÍTULO V

CAPÍTULO VI

CAPÍTULO VII

CAPÍTULO VIII

36. L. Camões

milenários da Terra e do universo que a rodeia.

Que idade tem a Terra? E que idade tem o Cosmos? Donde vem a luz? Deus criou também a anti-matéria? O núcleo terrestre é líquido? O globo torna a aquecer-se? Quando e como surgiu a vida sobre a Terra? Existem outras formas de vida nos restantes planetas? É a estas perguntas, entre muitas outras da ciência actual, que F. L. Boschke responde. As novas técnicas, como o método de datação pelo carbono, permitem, com efeito, começar a escrever a história das próprias origens da vida.

Graças à extensão dos seus conhecimentos e também à clareza das suas exposições, F. L. Boschke torna perfeitamente acessíveis as teorias e as investigações incessantes dos sábios, decididos a resolver o enigma do mundo e da existência dos homens.

•

COLECÇÃO ENIGMAS DE TODOS OS TEMPOS

Volumes publicados:

HISTÓRIA DESCONHECIDA DOS HOMENS DESDE HÁ CEM MIL ANOS (4.ª edição) – Robert Charroux

OS GRANDES ENIGMAS DO UNIVERSO – Richard Henning

DESCOBERTAS NA TERRA DOS MAIAS (2.ª edição) – Pierre Ivanoff

FANTÁSTICA ILHA DE PÁSCOA (2.ª edição) – Francis Mazière

O VALE DOS REIS (2.ª edição) – Otto Neubert

O GÉNESIS E A CIÊNCIA

DE UMA MANEIRA OU DE OUTRA
EM SONHOS OU NUM FOGUETÃO
O DESTINO DO HOMEM
PARECE REALMENTE SER
O DESVENDAR DE TODAS AS ESFERAS